



MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

JOSÉ PEDRO CARDOSO AZEVEDO

outubro de 2018

MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

José Pedro Cardoso Azevedo
1130301

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

José Pedro Cardoso Azevedo
1130301

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor José Carlos Vieira de Sá e Coorientação do Professor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira. Por parte da empresa, esta dissertação foi orientada pelo Engenheiro Fernando Joel Marques Cruz.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Filipe Martins Pinto Coelho

Professor Adjunto, Departamento de Física, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Manuel Gilberto Freitas Santos

Professor Adjunto, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação foi apenas possível fruto do apoio e dedicação de várias pessoas que, direta ou indiretamente promoveram e incentivaram a conclusão deste trabalho.

Agradeço à *Bosch Car Multimedia*, pela oportunidade, valorização e condições de trabalho oferecidas. Quero agradecer à minha equipa de trabalho, Fernando Cruz e Fábio Fernandes, por todo o suporte e companheirismo prestado, tornando o trabalho um local mais agradável e harmonioso.

Agradeço ao Engenheiro Fernando Cruz, orientador por parte da empresa *Bosch Car Multimedia* - Portugal, S.A, pela dedicação, orientação, apoio, e, acima de tudo, pela disponibilidade demonstrada ao longo de todo o período de desenvolvimento desta dissertação. Agradeço igualmente todo o acompanhamento prestado ainda antes de pensar em desenvolver esta dissertação, sendo este essencial para a minha evolução profissional. Mais que um orientador é um amigo.

Um especial agradecimento ao Prof. José Carlos Sá por ter aceitado orientar este trabalho, tendo sido essencial a sua participação. Nos momentos que parecia abrandar o ritmo de trabalho, soube escolher as palavras certas para fazer com que o trabalho fluísse novamente.

Ao professor e meu co-orientador Luís Pinto Ferreira, um obrigado por toda a ajuda prestada, disponibilidade, valiosas sugestões e discussões ao longo desta dissertação.

Quero agradecer aos meus pais e à minha irmã, por não conseguirem esconder o brilho dos seus olhos quando me vêem. Eles são os principais responsáveis por todos os objetivos que atingi na minha vida. Desde pequeno que me deixavam subir para os seus ombros, inspirando-me a ver mais além do que o que conseguia.

Por fim, a ti, Isabel, nem sei o que te dizer, deixo só estas palavras de agradecimento com um especial apreço. Nada que eu escreva é suficiente para agradecer todo apoio que tu me deste, o carinho que demonstraste, e, a paciência que tiveste para mim. É um prazer que sejas tu a ocupar este lugar especial.

PALAVRAS CHAVE

Lean; Processo; *Heijunka*; Melhoria Contínua

RESUMO

Num mercado cada vez competitivo, é imperativo a rentabilização ao máximo da cadeia de valor das organizações, através da minimização de desperdícios, redução de custos e aumento da produtividade. Para tal, é necessário que estas apostem na melhoria contínua dos processos com o objetivo de atingir estas premissas.

Neste contexto, foi elaborada a presente dissertação em parceria com a Bosch *Car Multimedia* de Braga no departamento de Engenharia de Produção, com o propósito de otimizar uma linha de Montagem Final. O aumento da eficiência e da capacidade foi o principal objetivo para esta melhoria.

Inicialmente realizou-se uma investigação aprofundada acerca da filosofia *Lean*, abordando os princípios, os desperdícios e ferramentas. De seguida, foi realizada uma apresentação do produto e feita descrição do seu processo produtivo, fazendo-se também o levantamento do estado atual do espaço produtivo. Foi apresentada a Linha de Produção, abordando todos os aspetos relevantes para a sua análise. Posteriormente, identificaram-se as potenciais oportunidades de melhoria, e, procedeu-se à implementação das ações de otimização apresentadas, sendo estas descritas e analisadas no capítulo correspondente. Para terminar, o estado após alterações foi revelado, juntamente com os ganhos associados, nomeadamente em termos de custo, e que impacto as alterações implementadas representam para a globalidade do projeto em estudo nesta dissertação. Pode-se dizer, que com este estudo a poupança estimada para este projeto é de 8,6%, representando num valor de 1,7 milhões de euros tornando a Bosch Car Multimedia uma empresa mais competitiva, com processos mais eficientes e menos desperdícios.

KEYWORDS

Lean; Process; Heijunka; Continuous Improvement

ABSTRACT

In a market that gets more competitive every day, it is imperative for organizations to maximise their value chain, by minimizing wastes, reducing costs and increasing productivity. For such, it is necessary for this organizations to invest in a continuous improvement processes with the goal of achieving these objectives.

In this context, the following dissertation, made in Bosch Car Multimedia Braga on the Production Engineering department, aims to optimise a final assembly line. The main goal of this improvement was to reduce costs by improvement efficiency, and consequently, improvement of production capacity.

Initially, it was made an in-depth research about Lean philosophy, were the main subjects addressed were its principles, wastes and tools. Following this, a description about the product and its production process, it was also mentioned the current state of the production area. In order to analyse the production line, a description about it and all of its relevant specifications was made. Subsequently, possible improvement opportunities were identified. So, these solutions were implemented, described and analysed in the following chapters. Finally, after changes status was presented with the correspondent gains, such as, costs and the impact these changes had globally on the studied project of this dissertation. The savings achieved with this scope are about 8,6% of the total cost of the project, that represent 1,7 million euros in absolute numbers. Now, Bosch Car Multimedia is one step ahead to became even more competitive, with more efficient processes and less wastes.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

3MU's	<i>Mura, Muri, Muda</i>
AOI	<i>Automated Optical Inspection</i>
BMW	<i>Bayrische Motoren Werk</i>
CdB	<i>Código de Barras</i>
CT	<i>Cycle Time</i>
EPE	<i>Every Part Every</i>
ESP	<i>Eletronic Stability Programme</i>
FCT	<i>Functional Test</i>
IS	<i>Instrument System</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LP	<i>Lean Production</i>
MFE2	<i>Manufacturing Engineering</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PLT	<i>Production Lead Time</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TC	<i>Tempo de Ciclo</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
UV	<i>Ultra Violeta</i>
VSD	<i>Value Stream Design</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WID	<i>Waste Identification Diagram</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Lista de Unidades

mN/m	<i>Energia Superficial</i>
m	<i>Metro</i>
mm	<i>Milímetro</i>

Lista de Símbolos

%	<i>Percentagem</i>
€	<i>Euro</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	Cinco palavras japonesas, começadas com “S”, que permitem a criação de ambientes de trabalho adequados ao controlo visual e <i>lean production</i> .
<i>Just In Time</i>	Sistema de produção repetitivo no qual o processamento de materiais e/ou movimentações ocorrem à medida que estes são necessários, normalmente em pequenos lotes.
<i>Jidoka</i>	Filosofia que defende que as máquinas, equipamento e operadores devem ter capacidade para pararem a produção quando detetam uma anomalia no processo ou no produto, prevenindo a fabricação de produtos com defeito.
<i>Kaizen</i>	Junção de duas palavras japonesas (“ <i>Kai</i> ”, significa <i>change</i> e “ <i>zen</i> ”, significa <i>good</i>) que se traduzem em Melhoria Contínua. Todas as atividades levadas a cabo dos colaboradores no sentido da melhoria do desempenho dos processos e sistemas de trabalho.
<i>Lead Time</i>	Tempo necessário para realizar determinada tarefa, atividade, produto ou serviço. É uma junção do tempo útil e o tempo não produtivo.
<i>Lean Production</i>	É uma filosofia de gestão focada na redução/eliminação de desperdícios e conseqüente adição de valor.
PDCA	Ciclo de planear, executar, verificar e agir a fim de padronizar e prevenir a recorrência de não conformidades.
<i>Setup</i>	Refere-se ao período em que a produção é interrompida para que os equipamentos fabris sejam ajustados.
<i>Standard</i>	Normalizar/padronizar.
<i>Stock</i>	Inventário.
WIP	Trata-se de um artigo ou serviço parcialmente acabado de uma empresa, à espera de conclusão e eventual venda.
<i>One Piece Flow</i>	<i>One Piece Flow</i> é um elemental fundamental do <i>Lean</i> . A palavra “um” não significa literalmente um, mas sim os requisitos do cliente, podendo representar uma unidade de encomenda. Significa, é que a organização deve processar apenas o que o cliente quer, na quantidade que quer, quando quer.
SMED	Conjunto de técnicas que visam reduzir o tempo de <i>setup</i> de uma máquina.

ÍNDICE

1	Introdução	23
1.1	Enquadramento e Motivação	23
1.2	Objetivos do Trabalho	24
1.3	Metodologia de Investigação	24
1.4	Apresentação da Empresa	25
1.5	Conteúdo e Organização da Dissertação.....	27
2	Revisão de Literatura	31
2.1	Análise e Melhoria de Processos	31
2.2	Toyota Production System	32
2.3	Lean Production.....	33
2.3.1	Princípios Lean.....	35
2.3.2	Muda, Mura, Mudi	36
2.3.3	Desperdícios	37
2.3.4	5S	38
2.3.5	SMED	39
2.4	Ferramentas de Representação de Sistemas Produtivos.....	40
2.4.1	Mapeamento da Cadeia de Valor.....	40
2.4.2	Waste Identification Diagram.....	44
2.4.3	Spaghetti Diagram	45
3	Análise e Melhoria de uma Linha de Produção	49
3.1	Apresentação do Produto	49
3.2	Descrição do Processo e Fluxo de Operações	51
3.3	Análise das operações e tempos de produção.....	58
3.4	Identificação de Problemas/Oportunidades de Melhoria	61
4	Soluções de Melhoria.....	65
4.1	Linha de Colagem com CT acima do objetivo.....	65

4.2	Supermercado entre Linha de Colagem e Montagem Final.....	68
4.2.1	Fluxo de material direto entre Linha de Colagem e Montagem Final.....	69
4.2.2	Eliminação das máquinas de Plasma na Montagem Final e União das linhas	69
4.3	Transportes na Linha de Colagem	71
4.4	Robôs de Plasma.....	73
4.5	Redução CT RUN50.....	75
4.6	Inspeção da dispensação do Gap Filler	76
4.7	Estado Pós-Alterações	79
5	Conclusões e Proposta de Trabalhos Futuros.....	85
5.1	Conclusões.....	85
5.2	Proposta de Trabalhos Futuros	89
6	Bibliografia e Outras Fontes de Informação.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO DO ROLLS-ROYCE PHANTOM E CULLINAN.....	26
FIGURA 2 - SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO BMW35UP GEN4.0.	26
FIGURA 3 SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO BMW F3X	27
FIGURA 4 - CASA TPS. LIKER (2004).	34
FIGURA 5 - SÍMBOLOS VSM. ADAPTADA DE ROTHER & SHOOK 1999.....	42
FIGURA 6 - EXEMPLO DE UM WID (SÁ, DINIS-CARVALHO, AND SOUSA 2011).....	45
FIGURA 7 - EXEMPLO DE UM <i>DIAGRAM SPAGHETTI</i> (SENDERSKÁ ET AL., 2017).	46
FIGURA 8 - PRODUTO BMW 35 UP 4.1 12''.....	49
FIGURA 9 - VISTA EXPLODIDA DA VARIANTE 10'' E 12''	50
FIGURA 10 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA DE COLAGEM.	51
FIGURA 11 – FLUXO PRODUTIVO DA LINHA DE MONTAGEM FINAL	53
FIGURA 12 - POSTO MF3.	55
FIGURA 13 - POSTO <i>HEATSINK</i>	56
FIGURA 14 - POSTO MF4.	56
FIGURA 15 - POSTO PLASMA.	57
FIGURA 16 - NINHOS DO ROBÔ DE PLASMA.	57
FIGURA 17 - CHÃO DA LINHA, POSTO ORGANIZADO E LIMPO (DIREITA) E OUTROS PORMENORES DE ORGANIZAÇÃO.....	58
FIGURA 18 - POSTO MONTAGEM.	65
FIGURA 19 - ROBÔ DE MONTAGEM.	66
FIGURA 20 - <i>LAYOUT</i> DAS DUAS LINHAS COM SUPERMERCADO	69
FIGURA 21 - <i>LAYOUT</i> DE UMA SÓ LINHA.	69
FIGURA 22 - <i>LAYOUT</i> PROPOSTO.....	70
FIGURA 23 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA COM <i>CONVEYORS</i> ASSINALADOS.....	71
FIGURA 24 - PRIMEIRO TRANSPORTE.	71
FIGURA 25 - SEGUNDO TRANSPORTE.....	72
FIGURA 26 - TERCEIRO TRANSPORTE.	72
FIGURA 27 - ROBÔ DE PLASMA.	73
FIGURA 28 - BASES DIFERENTES DO ROBÔ DE PLASMA.....	74
FIGURA 29 - <i>FACTORY DRAWING</i>	74
FIGURA 30 - RUN50.	75
FIGURA 31 - POSTO DE DISPENSAÇÃO <i>DE GAP FILLER</i>	76
FIGURA 32 - EQUIPAMENTO DE INSPEÇÃO.....	77
FIGURA 33 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA DE COLAGEM APÓS ALTERAÇÕES.....	79
FIGURA 34 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA DE MONTAGEM FINAL APÓS ALTERAÇÕES.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS.....	31
TABELA 2 - PROCESSO DA LINHA DE COLAGEM	52
TABELA 3 - PROCESSOS DA LINHA DE MONTAGEM FINAL.	54
TABELA 4 - TEMPOS DA LINHA DE COLAGEM.....	59
TABELA 5 - TEMPOS DA LINHA DE MONTAGEM FINAL.	59
TABELA 6 – PROBLEMAS IDENTIFICADOS.	61
TABELA 7 - TEMPOS DE PROCESSAMENTO DO ROBÔ DE MONTAGEM.	66
TABELA 8 - TABELA SÍNTESE.	77
TABELA 9 - PROCESSO DA LINHA DE COLAGEM APÓS ALTERAÇÕES.....	79
TABELA 10 - PROCESSO DA LINHA DE MONTAGEM FINAL APÓS ALTERAÇÕES.	80
TABELA 11- ESTADO DE IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - TEMPO DE CICLO DA LINHA DE COLAGEM.	60
GRÁFICO 2 - TEMPO DE CICLO DA LINHA DE MONTAGEM FINAL.	60
GRÁFICO 3 - TEMPOS DE PROCESSAMENTO DO ROBÔ DE MONTAGEM.	67
GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DE INVESTIMENTO NA LINHA DE COLAGEM.	85
GRÁFICO 5 - DISTRIBUIÇÃO DE INVESTIMENTO NA LINHA DE MONTAGEM FINAL.	86
GRÁFICO 6 – POUPANÇA.	87

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Motivação

1.2 Objetivos do Trabalho

1.3 Metodologia de Investigação

1.4 Apresentação da Empresa

1.5 Conteúdo e Organização da Dissertação

1 Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular Dissertação, que integra o segundo ano do Mestrado em Engenharia Mecânica no ramo da Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Esta Dissertação foi desenvolvida entre o período de Janeiro e Setembro de 2018 em ambiente industrial, na *Bosch Car Multimedia S.A.*, cuja atividade incide no desenvolvimento de soluções inteligentes integradas para entretenimento, navegação, telemática e funções de ajuda à condução.

Neste capítulo é realizado o enquadramento do tema da dissertação e são apresentados os objetivos. Também, será exposta a organização da estrutura utilizada na presente dissertação.

1.1 Enquadramento e Motivação

Atualmente, a natureza dinâmica do mercado, com a concorrência cada vez mais apertada e clientes mais exigentes, as necessidades das empresas passam pela redução de custos, de forma a manterem-se competitivas e a adaptarem-se a às necessidades do mercado (Dombrowski, Mielke, & Engel, 2012).

Uma empresa para ser competitiva tem de ter como principal objetivo a otimização de todas as partes que envolvam o seu processo produtivo. Desta forma as empresas adotam uma postura de melhoria contínua para a redução de desperdícios, bem como, a garantia da qualidade nos produtos e serviços, prazos curtos e preços reduzidos (Demeter & Matyusz, 2011; Warnecke & Hüser, 1995).

Há já alguns anos que a *Bosch* se tem vindo a debruçar sobre a temática *Lean* e implementando ações que reduzem significativamente os desperdícios da empresa. Nos tempos que decorrem e mais que nunca, procurar alternativas que reduzam a percentagem de atividades que não acrescentam valor) ao produto, é de elevada importância para qualquer empresa.

A presente dissertação foi desenvolvida no departamento MFE2, que corresponde ao departamento de *Manufacturing Engineering*, cujas funções envolvem a colaboração no desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos na perspetiva de posterior

industrialização, e, o planeamento, desenvolvimento e construção novas linhas de produção.

1.2 *Objetivos do Trabalho*

A presente dissertação tem por objetivo estudar de que formas é possível melhorar uma linha de produção de montagem final, da secção de *Instrument Systems* (IS), com o intuito de melhorar a eficiência do processo produtivo da linha, redução de custos e maior aproveitamento do espaço disponível.

1.3 *Metodologia de Investigação*

De modo a atingir o objetivo proposto para este estudo, seguiu-se uma metodologia de investigação que tem como base os princípios de *Action-Research*, cujo âmbito é a conversão de todos os membros envolvidos em investigadores, através do ‘aprender fazendo’ (Coutinho et al., 2009) em que a identificação de um problema dá lugar à tomada de uma ação para o resolver, sendo validado o resultado, que caso não sejam suficiente, despoleta uma nova ação, gerando o mesmo processo de validação (Carr, 2006).

Susman & Evered (1978) distinguem cinco fases que devem ser levadas a cabo durante a investigação:

1. **Diagnóstico do problema** – Definição dos objetivos gerais e específicos e recolha e análise de dados relevantes para fazer um diagnóstico da situação atual;
2. **Planeamento de ações** – Preparação e desenvolvimento de planos de ação e propostas de melhoria para a resolução dos problemas identificados;
3. **Implementação de ações** – Implementação de propostas selecionadas na fase anterior procurando melhorias;
4. **Avaliação de ações** – Controlo e avaliação das propostas sugeridas, verificando os resultados obtidos;
5. **Conclusões** – Descrição detalhada da metodologia desenvolvida, ferramentas e todos os meios necessários para sua aplicação, bem como a apresentação das conclusões do projeto e sugestões de trabalho futuro.

No seguimento da metodologia citada anteriormente, este trabalho desenvolveu-se ao longo das seguintes cinco fases:

1. **Pesquisa bibliográfica na área do *Lean*** – Efetuou-se a revisão bibliográfica dentro da área do *Lean* para sua aplicação à realidade dos processos produtivos na empresa.
2. **Levantamento do estado atual da Linha de Produção** – Desenvolveu-se a apresentação e análise da linha de produção, com o intuito de melhorar a perceção do seu funcionamento e, de identificar pontos críticos, visando a otimização dos processos em estudo.
3. **Identificar os principais problemas/opportunidades** – Nesta fase, identificaram-se os principais problemas dos processos em causa, com vista a poder-se formular um plano de melhorias que surge com a necessidade das oportunidades identificadas.
4. **Formular um plano de melhorias** – Nesta atividade, pretende-se formular uma proposta de plano de melhorias com base nos resultados da análise anterior, com o objetivo de apresentar soluções face aos problemas identificados.
5. **Implementação das soluções propostas** – Nesta fase, implementaram-se as soluções propostas com o objetivo de eliminar os problemas previamente identificados.

1.4 Apresentação da Empresa

A *Bosch Car Multimedia S.A.*, é uma das empresas mais notáveis de Portugal, instalada em território nacional desde 1911, conhecida como uma das maiores empregadoras industriais do país. Responsável pela exportação de 95% da sua produção para mercados internacionais, tem vindo a aumentar as atividades de investigação e desenvolvimento em *hardware* e *software* para diversas áreas de negócio (Bosch, n.d.)

A sede da *Bosch* em Portugal localiza-se em Lisboa, responsável pelas atividades de venda, marketing, contabilidade e comunicação, bem como serviços partilhados de recursos humanos e comunicação para o Grupo *Bosch*. O Grupo *Bosch* em Portugal é ainda constituído pela *Bosch Termotecnologia*, situada em Aveiro, e a, *Bosch Security Systems*, localizada em Ovar (Bosch, n.d.).

A *Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.*, situa-se na cidade de Braga e é a principal fábrica da divisão *Car Multimedia* da *Bosch*, e a maior empresa do grupo *Bosch Portugal SGPS, S.A.*, enquanto membro integrante do Grupo *Bosch Estugarda*, na Alemanha.

A *Bosch* em Braga foi fundada em 1990 sob a designação de *Blaupunkt Portugal Lda*, sendo produtora de autorrádios para a marca *Blaupunkt*. Em 2009, a *Blaupunkt Auto-Radio Portugal Lda* começou também a produzir sistemas de navegação, e mudou o seu nome para *Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.* Atualmente, com cerca de 3000 colaboradores é uma das mais importantes empregadoras da região do Minho. Na unidade de Braga, produzem-se sistemas de navegação, sistemas de instrumentação, autorrádios, sensores de ângulo de direção para sistema ESP, controladores eletrónicos

para equipamentos de aquecimento, entre outros. Na Figura 1, Figura 2 e Figura 3 pode-se visualizar alguns dos sistemas de instrumentação produzidos em Braga.



Figura 1 - Sistema de instrumentação do Rolls-Royce Phantom e Cullinan.



Figura 2 - Sistema de instrumentação BMW35UP GEN4.0.



Figura 3 Sistema de instrumentação BMW F3X

Desde 30 de maio de 2018, a *Bosch* Braga conta com um Centro de Investigação e Desenvolvimento dedicado a tecnologias para automóvel, focado essencialmente para a divisão de sistemas de chassis, apresentado como “a maior obra” do grupo *Bosch* na Europa (Larguesa, 2018).

Mais recentemente e a título de curiosidade, em 2017 foi considerada a 4ª maior exportadora nacional segundo o Instituto Nacional de Estatística (Malhão, 2018).

1.5 Conteúdo e Organização da Dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos distintos. Para além deste primeiro capítulo onde são feitas algumas considerações gerais, tais como introdução, o enquadramento e motivações, e, os objetivos, existem mais quatro capítulos onde é apresentada uma revisão do estudo que foi feito, desenvolvimento e conclusão.

No segundo capítulo (revisão de literatura), são aprofundados temas relevantes para a elaboração desta dissertação, que foram recolhidos em revistas e artigos científicos e livros especializados nestes temas.

O desenvolvimento é apresentado no capítulo três e quatro. Neste primeiro, é feita uma análise do produto e processo de produção do mesmo, com o objetivo de identificar problemas e possíveis melhorias da linha de produção em estudo. Em seguida, no quarto capítulo, são descritas as propostas de melhoria para atingir os objetivos pretendidos. Por fim, é apresentado o estado após alterações.

Para terminar, no capítulo cinco são apresentadas as conclusões deste estudo, e, respetivas propostas para um possível trabalho futuro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise e Melhoria de Processos

2.2 *Toyota Production System*

2.3 *Lean Production*

2.4 Ferramentas de Representação de Sistemas Produtivos

2 Revisão de Literatura

Este capítulo diz respeito à revisão de literatura sobre a filosofia *Lean* e dos vários conceitos integrados a esta metodologia. Nesta revisão é feito um enquadramento à filosofia *Lean*, começando por a descrição da sua origem, princípios e desperdícios definidos pelo *Lean* num sistema produtivo. De seguida são apresentadas algumas ferramentas de identificação de desperdícios.

2.1 Análise e Melhoria de Processos

Na literatura é possível encontrar os mais diversos trabalhos na área da Melhoria Contínua dos processos (ver Tabela 1), onde são aplicadas várias ferramentas, com o objetivo de melhorar os processos produtivos.

Tabela 1 - Análise e melhoria de processos.

Referência Bibliográfica	Descrição
(Norani & Utara, 2011)	O objetivo deste estudo foi investigar como implementar e que abordagem utilizar para a implementação de técnicas do <i>lean manufacturing</i> numa empresa de componentes automóveis na Malásia. Esta empresa baseou-se em projetos de pequena escala, onde equipas de trabalho se focavam em resolver problemas em áreas específicas. A equipa do caso de estudo, tinha como objetivo a redução do nível de inventário. Com a redução do nível de inventário eles conseguiram reduzir outros tipos de desperdícios como sobreprodução, tempos de espera, transportes excessivos, sobreprocessamento, movimentos desnecessários e defeitos. Estes esforços eram aplicados até atingirem um nível estável e de melhoria elevada.
(Lam, Toi, Tuyen, & Hien, 2016)	Neste estudo, foi avaliado os benefícios do balanceamento de uma linha de produção de componentes eletrónicos. Esta ferramenta é descrita como muito simples, mas pode trazer resultados impressionantes na eficiência de uma linha de produção. Como resultado, a qualidade da linha foi melhorada em termos de balanceamento, eficiência dos operadores, produtividade e eliminação de desperdícios. Conseguiu-se uma

Referência Bibliográfica	Descrição
	redução de 25% do trabalho humano, mantendo-se as necessidades do cliente.
(Rohani & Zahraee, 2015)	O objetivo deste artigo é aplicar o VSM para otimizar uma linha de produção de uma empresa de coloração. Para atingir este objetivo, foram aplicados princípios fundamentais do <i>Lean</i> para a construção do VSM, para a identificação e eliminação de desperdícios, usando formação dos colaboradores, seleção do produto, desenho do estado atual e formulação da linha temporal através do cálculo do <i>takt time</i> . Baseado no futuro VSD, os resultados mostram que com a implementação de técnicas <i>lean</i> , o <i>Production Lead-Time</i> (PLT) diminuiu de 8,5 dias para 6 dias, e que o <i>value added time</i> diminuiu de 68 minutos para 37 minutos.
(Rosa, Silva, & Ferreira, 2017)	O objetivo deste estudo é otimizar uma linha de produção de modo a cumprir as necessidades durante anos de elevada produção. Este objetivo foi cumprido, otimizando o equipamento e eliminando/reduzindo desperdícios em várias áreas: problemas de fornecimento, movimentação do operador, fiabilidade do equipamento, balanceamento de tarefas, definição e normalização de métodos de trabalho. O projeto gerou um aumento de 41% de produção nesta linha.
(Gnanavel, Balasubramanian, & Narendran, 2015)	Este artigo tem como objetivo demonstrar a aplicação de layout em <i>loop</i> , numa linha de produção numa unidade auxiliar da indústria automóvel. Foi desenvolvido um novo layout, usando o mesmo número de operadores. Este layout foi simulado, e os resultados mostram uma redução do tempo de ciclo, operadores mais atentos, melhor distribuição da carga de trabalho no grupo, o que levou a um aumento de produtividade em 10%.

2.2 Toyota Production System

Henry Ford idealizava a produção em massa, na qual esta visava que umas grandes quantidades de peças fossem produzidas sem troca de matriz, sendo que esta era a chave para este tipo de sistema produtivo. Ford acredita que a produção de forma planeada permitia a redução de custos. Em contrapartida, desta forma, o sistema produtivo gerava sobre produção, ou seja, havia geração de desperdício. Com as

mudanças do mercado consumidor, necessita-se agora de pequenas quantidades, mas elevada variedade de produtos. Assim, o sistema Ford, a produção em massa passa a não ser eficaz para as novas tendências do mercado (Jones & Womack, 2004).

O “método americano” era considerado um sucesso irrestrito para o mercado nos anos 50, mas enquanto isso, uma empresa automobilística japonesa que lutava para recuperar da II Guerra Mundial, experimentava uma nova abordagem no seu sistema produtivo (Womack & Jones, 1992).

A *Toyota Motor Company*, com Taichii Ohno e Shigeo Shingo, estudaram os métodos de produção dos americanos, e, começaram a incorporar o sistema Ford e outras técnicas, criando uma aproximação do *Toyota Production System* (TPS). O principal objetivo desta nova abordagem é a eliminação de custos através da eliminação de perdas, ou seja, atividades que geram custos e não acrescentam valor (Karlsson & Åhlström, 1996).

Segundo Liker (2004), o TPS tem como base a melhoria contínua, eliminando desperdícios, orientando a produção para a satisfação do cliente, através da introdução de técnicas e ferramentas para a prevenção de erros e desenvolvendo um *pull system*.

2.3 *Lean Production*

Segundo Li (2007) e Womack & Jones (1992) apresentaram na sua obra os princípios do TPS, este sistema pode ser definido como uma estratégia de gestão e liderança, tendo como principal objetivo aumentar a produtividade na produção de automóveis e reduzir os custos a partir da eliminação de todos os desperdícios.

Para Liker (2004), LM é uma filosofia empresarial que tenta envolver todas as pessoas da organização na eliminação de desperdícios e criação de valor levando ao processo de melhoria contínua.

O sucesso do modelo TPS baseia-se essencialmente na aplicação de metodologias e ferramentas que a Toyota desenvolveu, indicados na casa do TPS (Liker, 2004).

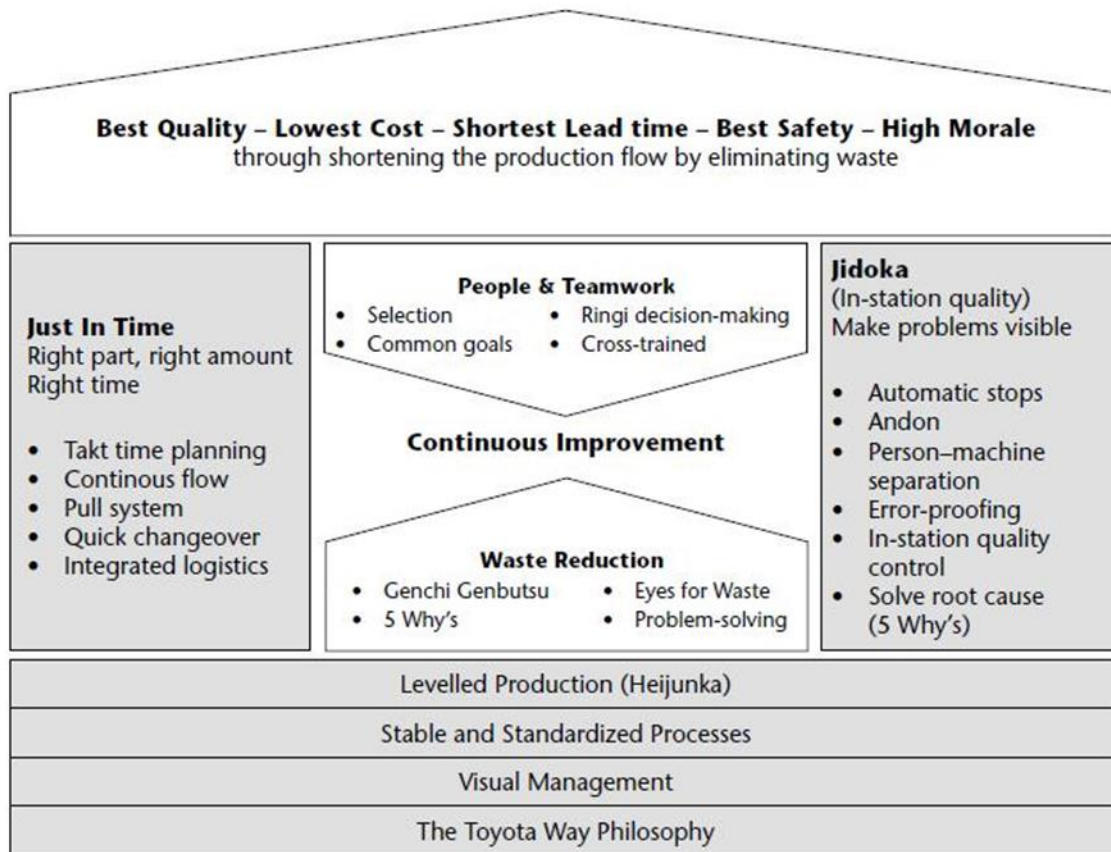


Figura 4 - Casa TPS. Liker (2004).

O modelo de sucesso esquematizado na Figura 4, como uma casa, adquire esta geometria para a representação das suas ferramentas e métodos de uma forma estruturada (Liker, 2004). Como base do TPS, tem-se a produção nivelada (*Heijunka*), Trabalho normalizado e processos estáveis, e Gestão Visual. Os pilares da casa são a filosofia JIT e o *Jidoka* (Ohno, 1988). O JIT, é definido como um processo de fluxo contínuo onde se produz apenas o necessário e no momento em que é necessário. Este pretende a eliminação dos desperdícios identificados pelo *Lean Manufacturing*, que serão explicados posteriormente, e redução de custos com a melhoria da qualidade no processo produtivo (Ohno, 1988). Segundo Grout & Toussaint (2010), o *Jidoka*, ou Automação, é a filosofia que defende que as máquinas, equipamento e operadores devem ter capacidade para pararem a produção quando detetam uma anomalia no processo ou no produto, prevenindo a fabricação de produtos com defeito. A implementação desta técnica passa pela deteção do problema, paragem do processo, reparação para funcionamento correto, investigar a causa-raiz do problema, e, por fim, desenvolver medidas corretivas e/ou preventivas (Grout & Toussaint, 2010).

Com a base e os pilares da casa assentes, já é possível construir um telhado robusto, onde se colocam objetivos como melhoria da qualidade, prazos de entrega curtos, baixos custos de produção, mais segurança e moral elevada.

No centro da casa estão os colaboradores e o trabalho em equipa, que quando treinados e focados num objetivo comum para a redução de desperdício no *Gemba*, proporcionam a melhoria contínua, o *kaizen* (Liker, 2004).

Womack, em 1992, no livro “*The machine that changed the world*”, usou pela primeira vez a expressão *Lean Manufacturing*, fazendo um relato da história da produção automóvel combinado com as linhas de montagem japonesas, americanas e europeias.

Womack et al (1992) definem que o *Lean Manufacturing* consiste na produção com o máximo de economia de recursos, para representar a produção desenvolvida na Toyota. Posteriormente Womack e Jones (2004) incrementam o conceito *Lean Thinking*, onde o descrevem como sendo uma filosofia que impõe menores tempos desde o pedido de encomenda (*Lead Time*), obtendo produtos e serviços com elevada qualidade e baixo custo, através da melhoria de fluxos produtivos, por meio de redução de desperdícios no fluxo da cadeia de valor.

2.3.1 Princípios Lean

O *Lean* é, portanto, uma forma de produção que faz para obter mais com cada vez menos. Para a utilização desta metodologia torna-se necessário utilizar os seus princípios (Womack & Jones, 1992):

- **Especificação do valor (*Define Value*)** - O valor de um produto é entendido de forma diferente entre o fornecedor e o cliente. Contudo, é a definição do cliente que é tida em conta, visto ser este a pagar pela aquisição do produto. Tudo o que não diz respeito às necessidades especificadas por o cliente, deve ser eliminado ou minimizada, visto que é considerado desperdício.
- **Identificação da cadeia de Valor (*Value Stream*)** – Define o conjunto de ações requeridas para que um produto ou serviço seja introduzido no mercado. Neste fluxo de valor deve ser feita uma análise das atividades que acrescentam valor ao produto (necessárias) e as que não acrescentam (desnecessárias). As últimas são consideradas como desperdício, e, devem ser eliminadas ou minimizadas. Com a finalidade de mapear a cadeia de valor utiliza-se uma ferramenta bastante conhecida e útil, o *Value Stream Mapping* (VSM). Este para além de permitir visualizar o processo e o que acontece nele, também permite ver o fluxo nos vários processos (Shook & Rother, 1999)
- **Determinar o Fluxo (*Establish Flow*)** – Após a eliminação das atividades desnecessárias no processo produtivo, é necessário garantir um fluxo de produção contínuo. As existências de pontos de estrangulamento podem implicar a paragem de atividades e outros tipos de desperdícios.

- **Estabelecer sistema baseado nas necessidades do cliente (*Respond to Customer Pull*)** - Este princípio indica que a produção de um produto deve ser despoletada por um pedido por parte do cliente, ou seja, é o cliente que puxa a produção. Uma organização que adote este princípio não produz uma única peça para a qual não tenha procura. Este princípio é baseado no sistema *Just-in-Time* (JIT), que tem como premissa a produção das quantidades necessárias no momento em que é necessário, de acordo com as necessidades do cliente.
- **Garantir Perfeição (*Work to Perfection*)** – Por fim, este último princípio alega à importância da melhoria contínua (*kaizen*), pois a aplicação dos anteriores princípios por si só não é suficiente para que correspondam às necessidades dos clientes. A constante procura pela melhoria nos processos e operações que acrescentam valor nos produtos devem continuar a ser otimizadas.

2.3.2 *Muda, Mura, Muri*

Segundo Imai (2012), as palavras muda, mura e muri são muitas vezes utilizadas em conjunto e são conhecidas como sendo os 3MU's:

- **Muda = Desperdício** – No que diz respeito ao desperdício pretende traduzir tudo o que não acrescenta valor ao produto.
- **Mura = Variação** – refere-se às irregularidades, inconsistências e variabilidades. Usa-se para definir um desperdício resultante da falta de uniformidade. Pode ser por inexistência de balanceamento do trabalho, de planeamentos de produção inadequados ou da elevada flutuação nos volumes de produção internos devido a, por exemplo a avarias, peças em falta ou defeitos (Liker 2004). Pode ser eliminado com a adoção do sistema JIT, procurando fazer apenas necessário e solicitado, e, processos robustos. (Pinto 2009).
- **Muri = Sobrecarga** - Refere-se ao que é irracional tanto por excesso como por insuficiência. Imai (1997) refere como exemplo a situação da colocação de um operador novo no posto de um operador experiente que, sem ter formação suficiente, acabará por trabalhar muito lentamente e cometer muitos erros. Isto pode provocar problemas de segurança e de qualidade relativamente aos trabalhadores, avarias e defeitos relativamente aos equipamentos (Liker 2004). Segundo Pinto (2009) a eliminação deste MU passa pela criação de condições de estabilidade e controlo dos processos, com uniformização das tarefas e balanceamento dos fluxos.

A identificação dos *muda*, *mura* e *muri* consistem numa técnica de melhoria contínua de fácil execução na maior parte das empresas. Dos 3 MU's, o mais simples de eliminar é o *muda*, pois normalmente esta desperdício tem como causa um comportamento errado que tem sido prolongado no tempo (Imai, 1997).

2.3.3 Desperdícios

A filosofia LM visa a eliminação de desperdícios. Segundo Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar (2003) desperdício (que em japonês a designação é *MUDA*) corresponde a tudo aquilo que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, espaço e tempo necessários à adição de valor no produto. Pinto (2010) ainda referencia que valor é "tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo e o esforço que dedicamos a algo".

Os autores Ohno (1988) e Shigeo (1989) identificaram os tipos de desperdícios mais comuns que podem existir num sistema de produção, sendo estes classificados em sete tipos:

- **Sobreprodução** – Segundo Ohno (1998) este é o desperdício mais comum dentro das organizações. Corresponde à produção em excesso ou antecipada em relação às necessidades de produção. Consequentemente, este desperdício implica o consumo desnecessário de matéria-prima e excesso de inventário, que corresponde a outro desperdício identificado pelo LM.
- **Excesso de inventário** – Este desperdício é o resultado do mencionado anteriormente, e corresponde ao armazenamento de matérias-primas, produtos acabados ou outros recursos. É comum as organizações manterem níveis de existência de segurança para cobrir problemas desde atrasos nas entregas a clientes até defeitos e produção desequilibrada. Quanto maior for o nível de inventário mais se vai encobrir os problemas que a empresa vive. Se baixarmos este nível a empresa descobre as suas verdadeiras fraquezas. Para além disso este desperdício gera transportes e movimentações adicionais (mais dois tipos de desperdícios identificados pelo LM), ocupação de espaço adicional, pessoal para gerir o inventário e deterioração dos materiais. (Team, 1998)
- **Transporte** – Corresponde a qualquer movimentação ou transferência de materiais que seja desnecessária, resultando no consumo de recursos como gastos de capital, energia e tempo. Este desperdício pode ser originado por um layout disfuncional na empresa e/ou produção ou simplesmente desorganização dos processos dentro de uma organização (Wahab, Mukhtar, & Sulaiman, 2013)
- **Movimentações** – Este corresponde a movimentações desnecessárias por parte de colaboradores ou equipamentos de uma organização. As movimentações extra face ao realmente necessário podem causar atrasos em arranques de produções ou interrupções nos fluxos de atividades de um processo.
- **Esperas** – Este desperdício pode ocorrer quando, por exemplo, os processos produtivos não estão sincronizados, originando períodos de inatividade aos operadores ou aos equipamentos presentes no processo. É, por isso, identificado como sendo desperdício pois implica o dispêndio desnecessário de tempo, pessoas, energia e capital.

- **Defeitos** – É um dos desperdícios mais usuais, e surge por problemas de qualidade inerentes aos processos produtivos internos ou dos materiais que se usam para produção. A produção de unidades defeituosas não é de toda uma boa prática, visto que se desperdiçam todos os recursos investidos na produção daquele produto quando este é enviado para a sucata. E, mesmo quando o produto pode ser retrabalhado, é necessário investir recursos extra na sua reparação. Uma das consequências mais graves deste desperdício, é a perda de clientes, derivado à fraca qualidade que as suas encomendas podem ser alvo.
- **Processamento desnecessário** – Podemos abordar este desperdício como sendo por excessivo processamento, quando o processo tem operações que são realizadas repetidamente e que não são necessárias para o acréscimo de valor no produto, ou, como processamento inadequado, quando por exemplo as operações realizadas pelos operadores não correspondem à correta utilização dos equipamentos (Bell, 2006). Os efeitos deste desperdício podem ser minimizados com a definição objetiva dos requisitos do cliente, das especificações de qualidade do produto adequadas às necessidades, normalização dos trabalhos executados pelos operadores e formação dos mesmos.

Além dos sete desperdícios identificados por Taichi Ohno (1988) e Shigeo Shingo (1989), Liker (2004) e Ortiz (2006) defendem a criação de um oitavo desperdício, sendo definido como a não utilização da criatividade dos colaboradores, pelo primeiro autor, e não aproveitamento do potencial humano, pelo segundo autor. Este novo desperdício é caracterizado pelo desperdício das capacidades, ideias, melhorias e oportunidades de aprendizagem que podem advir dos operadores. Cada vez é mais crucial fazer a correta gestão do conhecimento de todos os membros de uma organização, e, consequentemente, a sua aplicação com o intuito de aumento da eficiência dos processos dentro de uma organização. Concluindo, este poderá ser um fator de diferenciação para uma organização (Hildreth, Kimble, & Wright, 2000).

2.3.4 5S

A ferramenta 5S foi desenvolvida no Japão por Sakichi Toyoda, Kishiro Toyoda e Taiichi Ohno em 1960 (Ohno, 1988). Esta ferramenta tem como principal objetivo atingir um estado de limpeza e organização tal, que promova a eficiência e eficácia do ambiente produtivo numa organização (Ho, 1999).

Esta ferramenta consiste em cinco pilares que sustentam a metodologia (Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017):

- **Seiri (Separação)** – Remover tudo o que é desnecessário. O local de trabalho deve conter apenas o necessário para a realização das atividades.

- **Seiton (Organização)** – Definição de um lugar para cada equipamento tornando mais fácil a percepção das mesmas quando surge a necessidade. Assegurar que cada coisa está no local devido.
- **Seizo (Limpeza)** – Garantir a limpeza do local de trabalho. Isto permite identificar mais facilmente fontes de desordem e reduzir o risco de acidentes de trabalho.
- **Seiketsu (Normalização)** – Garantir através de standards que os primeiros 3S's são cumpridos.
- **Shitsuke (Disciplina)** – Criar um método para que a ferramenta dos 5S são seguidos, como auditorias, levando a uma consciencialização de que esta metodologia é benéfica para o processo e produtos.

O grande benefício da aplicação da metodologia 5S é a disciplina que é obtida no espaço produtivo. Contudo, há outros como a normalização e documentação que podem conduzir a redução de tempos de ciclo, aumentos de eficiência e menos movimentação, que afetam diretamente os desperdícios de transporte e inventário.

Uma planta ideal é aquela em que a matéria-prima está num lado e o produto acabado no outro lado, com um *one piece flow* entre eles. Processos desconectados tendem a ter maior inventário. 5S é então uma primeira perspectiva *Lean* a ter em conta para o fluxo e layout da produção. A eliminação de movimentações desnecessárias significam que o mesmo trabalho pode ser executado com um esforço menor. Menos dinheiro é gasto em custos de armazenagem, e, menos custos com defeitos são gastos pois todos executam as atividades da mesma maneira (Kocakülâh, Brown, & Thomson, 2008).

Esta metodologia apresenta diversos benefícios para a globalidade da organização, sendo que o mais relevante é a redução de desperdícios, tempo e espaço (Oliveira et al., 2017). De acordo com Ho (1999), os benefícios de aplicação dos 5S estendem-se desde a qualidade à higiene e segurança.

2.3.5 SMED

O SMED, *Single-Minute Exchange of Die*, foi desenvolvido por Shigeo Shingo em 1950, para a Toyota, em resposta às necessidades emergentes de lotes menores de produção requeridos para ir de encontro com o aumento de flexibilidade que os clientes precisavam (Kocakülâh et al., 2008). O objetivo foi a redução de tempos de mudança de ferramenta, reduzindo o Lead Time e inventário. A implementação desta técnica iria melhorar a qualidade, produtividade e lucro da fábrica. Esta metodologia reduz o tempo de indisponibilidade das máquinas durante a troca de ferramentas (Oliveira et al., 2017). A definição de troca de ferramenta num processo é o tempo desde a produção da última peça de um item A, até à produção de uma primeira peça de um item B. Hoje em dia, a

prática do SMED diz que a troca de ferramenta deve ser inferior a 10 minutos (Kocakülâh et al., 2008).

Primeiramente, a metodologia SMED diz que se deve identificar as atividades que podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento (operações de *setup* externas), e, as atividades que só são realizadas com a máquina parada (operações de *setup* internas). A maior obtenção de valor com a aplicação desta metodologia, advém quando se começam a transformar as atividades de *setup* internas em atividades de *setup* externas, reduzindo assim o tempo de indisponibilidade da máquina (Oliveira et al., 2017).

As empresas que abraçaram completamente esta metodologia, têm os seus objetivos apontados para a “*zero changeover*”, que corresponde aos tempos de mudança de ferramenta inferiores a três minutos, pois quando uma máquina não está a produzir durante a troca de ferramenta, afeta o fluxo de produção de toda a fábrica (Kocakülâh et al., 2008).

Os benefícios do SMED são focados na redução do o tempo de indisponibilidade planeado devido à mudança das ferramentas. O fluxo de produção obtido mostra ser mais contínuo, bem como, a redução de inventário e melhoria na qualidade. Quanto menos tempo for necessário para o *setup* de uma máquina, mais produção haverá, resultando num aumento de capacidade produtiva da mesma (Kocakülâh et al., 2008).

A metodologia SMED tem ajudado inúmeras empresas a reduzir consideravelmente os tempos de troca de ferramentas das suas máquinas. As organizações conseguem reduções de várias horas para alguns minutos. A aplicação do SMED é considerada indispensável nas organizações atuais.

2.4 Ferramentas de Representação de Sistemas Produtivos

2.4.1 Mapeamento da Cadeia de Valor

O mapeamento da cadeia de valor, é uma ferramenta que mostra a visão global dos processos, não se foca em processos individuais ou na melhoria de cada parte, mas sim na otimização de todo o processo desde o conjunto de atividades a partir da obtenção do produto ou serviço até à entrega ao cliente final (Pinto, 2009).

Segundo Shook & Rother, (1999) este método foi desenvolvido para demonstrar o processo atual (“*as is*”), no VSM, e o estado futuro, para onde se quer caminhar, (“*to be*”), através da construção do VSD, *Vale Stream Design*. Esta ferramenta pressupõe a realização de dois mapas, o primeiro que descreve o estado atual, e o segundo, o estado

futuro da organização, ou seja, o estado desejável. Após a elaboração destes dois mapas, executa-se um plano de trabalho que visa atingir o estado pretendido.

No VSM é identificada a cadeia de valor. A cadeia de valor representa todas as atividades que ocorrem desde a obtenção do pedido até à entrega ao cliente final do produto ou serviço (Shook & Rother, 1999). Estas atividades podem realmente acrescentar valor ou não. O VSM vai permitir identificar os desperdícios de todo o processo, e, em que ponto da cadeia eles estão a ser gerados. É possível descrever com detalhe como o processo deve operar para criar valor com mais eficiência. Neste mapa identifica-se dois tipos de fluxos da unidade produtiva, o fluxo de material e o fluxo de informação. Também se podem incluir na construção deste mapa os tempos de espera e transporte entre operações, e, os dados sobre o número de operários, tempos de *setup* e WIP. Estes dados são quantitativos, e, portanto, fáceis de se monitorizar (Nogueira, 2010). Esta ferramenta torna-se portanto essencial, não apenas pelo já mencionado, mas também por ter uma linguagem comum entre engenheiros e gestores, sendo possível envolver todas as pessoas necessárias para a melhoria da cadeia de valor (Shook & Rother, 1999).

Desenhar um mapa de processos não é algo que se faça numa manhã. Requer tempo, recolha de dados e a ida aos locais da cadeia de valor (Pinto, 2009).

2.4.1.1 Procedimento do VSM

Para se desenhar o estado atual, é primeiramente necessário recolher informações sobre o processo produtivo, como por exemplo, fotos, tempos, interveniente, etc (Pinto, 2009).

Foi definido por Shook & Rother (1999) uma abordagem dividida em três etapas para otimizar o fluxo de valor:

1. Identificar uma família de artigos com maior relevância para a empresa;
2. Construção do VSM da situação atual;
3. Construção do VSM da situação futura.

O VSM foi concebido para que todos os intervenientes do processo possam visualizar o processo produtivo existente. O objetivo desta visualização global é que haja possibilidade de se encontrar soluções para a otimização deste processo, através da identificação dos seus desperdícios e a sua posterior eliminação. A construção do VSM é, portanto, uma oportunidade para reunir as pessoas-chave no fluxo de valor, dos vários departamentos envolvidos na cadeia, incentivando-se ao seu contributo para a melhoria global do processo na organização.





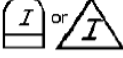



















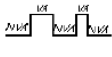
Símbolos Processo						
	Fonte Externa	Processo	Caixa de Dados	Célula de Trabalho		
Símbolos Material						
	Inventário	Seta Pull	Seta Push	Supermercado	Pull de material	Fila FIFO
Símbolos Informação						
	Informação	Fluxo Manual	Fluxo Eletrónico	Kanban Produção	Kanban Transporte	Sinal kanban
Símbolos Gerais						
	Pull Ball	Nivelamento	Vai e Vê por ti	Localização Kanban	Kanbans em Lotes	
Símbolos Gerais						
	Kaizen Burst	Operador	Outra Informação	Linha Temporal		

Figura 5 - Símbolos VSM. Adaptada de Rother & Shook 1999.

Para facilitar a compreensão do mapa desenhado, recorre-se ao uso de símbolos normalizados, que são comuns, simples e intuitivos. Estes símbolos estão representados Figura 5.

O VSM atual inicia-se pela identificação do cliente e desenha-se todo o percurso até ao fornecedor. De seguida, mapeia-se as operações que envolvem a fabricação do produto ou execução do serviço. À medida que se colocando as operações no mapa, vão se registando os tempos de operação, nomeadamente, os tempos de valor acrescentado, e, os tempos de esperas, transportes e movimentações, que não acrescentam valor ao processo. Estes tempos ficam registados numa linha temporal que está situada na zona inferior do mapa.

Após a conclusão do desenho do estado atual, pode-se retirar o estado do processo e fazer uma análise sobre o que se deve e o que é possível melhorar. É a partir do mapa atual que se desenha o VSD, o estado futuro, tendo em conta os recursos e tempo disponíveis e objetivos de melhoria definidos.

Rother & Shook (1999) colocam oito questões-chave para o desenho de um estado futuro:

1. Qual é o *takt-time*?
2. O produto final vai para armazém ou vai diretamente para o cliente?
3. Onde pode ser utilizado o fluxo contínuo?
4. Onde haverá necessidade de usar um supermercado com um sistema de produção puxado (*pull*) para controlar a produção de processos precedentes?
5. Em que ponto único deverá ser feito o planeamento da produção?

6. Como será feito o nivelamento da produção no processo *pacemaker*?
7. Que incremento de trabalho será sistematicamente lançado e retirado do processo *pacemaker*?
8. Que processos precisam de ser melhorados?

Baseado nos conceitos do *Lean Thinking*, Rother & Shook (1999) definiram sete *guidelines* a seguir para a geração de um estado futuro com um sistema de produção melhorado (Irani & Zhou, 2008):

1. Produzir para o *Takt Time*;
2. Desenvolver um Fluxo contínuo
3. Usar supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende para processos precedentes
4. Planeamento para operação *pacemaker*
5. Produzir diferentes produtos a um rácio uniforme
6. Nivelar a produção no processo *pacemaker*
7. Desenvolver a capacidade para fazer *Every part every* (EPE).

Para a obtenção de um estado futuro ideal, ausente de quaisquer desperdícios na cadeia de valor, são precisos vários estados intermédios de *to be*. Para ser possível a construção destes estados futuros é necessário haver uma consciencialização do que se define como desperdício e qual o efeito destes na cadeia de valor. Após a compreensão de que os desperdícios afetam negativamente a eficiência do processo, segue-se a elaboração de um estado *to be* intermédio.

Após o desenho do estado futuro, um plano de implementação é estruturado. Pode ser usado como referência quando são utilizadas outras ferramentas e técnicas *Lean*. Este plano identifica cada atividade que precisa de ser realizada para atingir o estado futuro, bem como, os resultados a alcançar, os responsáveis e as datas de implementação. O resultado geralmente resulta numa organização com máxima produtividade e o mínimo de desperdício.

2.4.1.2 Importância do VSM

O VSM é uma forma visual de representar o fluxo de informação e matérias na produção de produtos, como tal, esta cria uma forma simplificada para os gestores verem a cadeia de valor do processo produtivo. Como tal, o VSM torna-se a base para priorizar ações *Lean*. Este mapa aponta para os lugares onde é necessário a utilização de ferramentas *Lean* para redução de desperdícios (Kocakülâh et al., 2008).

No entanto, o VSM apresenta limitações. De acordo com Nazareno, Silva, e Rentes (2003), o VSM tem as suas maiores limitações na representação de sistemas produtivos onde existe uma grande diversidade de produtos ou rotinas de produção. Gahagan refere que esta ferramenta é de difícil transmissão para outros que não estejam

inteiramente familiarizados com esta metodologia. Por fim, o VSM não faz referência ao fluxo de pessoas.

2.4.2 *Waste Identification Diagram*

O *Waste Identification Diagram*, desenvolvido por Sá (2010), trata-se de uma ferramenta de representação, que ajuda os gestores na identificação dos desperdícios no *Gemba*.

Esta ferramenta é de fácil compreensão, pois permite um diagnóstico visual imediato aos pontos onde os desperdícios tendem a ter mais impacto. Pode, portanto, ser usada como uma ferramenta de diagnóstico, tal como o VSM. Contudo, esta ferramenta apresenta a sua maior vantagem em relação ao VSM na possibilidade de representação não só de um fluxo produtivo singular, mas também, de um fluxo produtivo com mais que uma família de produtos.

A gestão é uma das ferramentas associadas ao paradigma da produção *Lean* e pretende dar uma perceção visual imediata sobre aspetos relevantes (por exemplo, o estado do processo de produção, instruções de trabalho, segurança do stock). De certo modo, WID usa este conceito de perceção visual imediata e é aplicada na identificação de desperdícios. De facto, as dimensões dos ícones utilizados na construção do WID são proporcionais a alguns desperdícios (por exemplo, inventário e transporte de matérias). Isto constitui a principal característica distintiva do WID quando comparado com outras ferramentas representativas (Sá, Dinis-Carvalho, & Sousa, 2011).

Na Figura 6 está representado um exemplo de um WID. Sabendo que o tamanho dos ícones está correlacionado com o nível de desperdício associado pode ser constatado, após olhar para o WID, que o processo PAINTING é claramente o mais crítico em termos de inventário e cadência.

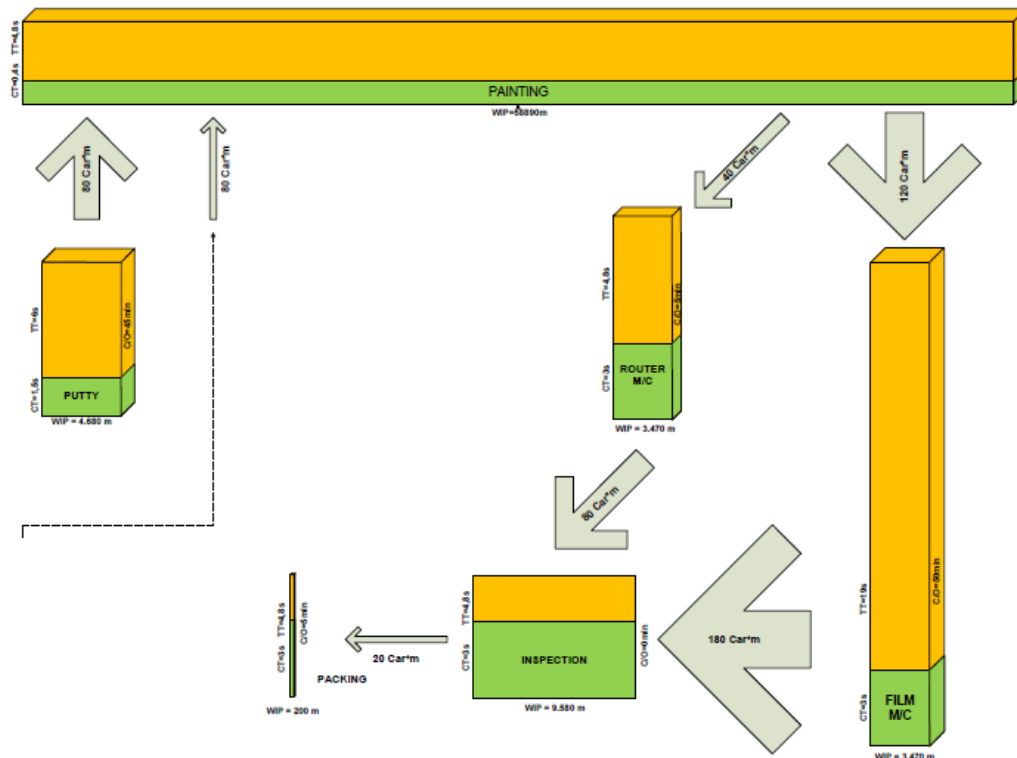


Figura 6 - Exemplo de um WID (Sá, Dinis-Carvalho, and Sousa 2011).

Estes diagramas são capazes de descrever unidades de produção com informação visual preciosa, permitindo que os gestores identifiquem as formas de desperdícios associados ao fluxo de materiais (inventário, sobreprodução e transporte). O tamanho das áreas e volumes é proporcional à produção de desperdícios para ser fácil de identificar as localizações dos processos mais críticos, por exemplo, com a maior responsabilidade de gerar desperdícios. Indicadores tais como cadências, capacidade não utilizada, transporte, WIP e tempos de troca de ferramenta são facilmente identificados olhando para o diagrama. Em termos gerais pode ser dito que qualquer ação capaz de reduzir o tamanho dos blocos resultará num melhor desempenho da produção. Outro tipo de melhoria pode ser obtida tomando ações que resultem da redução das áreas cor-de-laranja (Sá et al., 2011).

2.4.3 Spaghetti Diagram

O *Spaghetti Diagram* é uma representação visual que usa linhas de fluxo contínuas que traçam o caminho de uma atividade durante o processo. A linha permite que a equipa do processo identifique excessos no fluxo de trabalho e oportunidades de acelerar o processo (Raikar, Kattimani, & Walke, 2015).

Atualmente, as organizações são submetidas a um ambiente envolvente desafiante. Cada vez mais são forçadas à customização, produção com *Lead Time* curto e elevada qualidade. Isto requer elevada flexibilidade. Esta flexibilidade requer *layouts* para as

suas áreas produtivas bem elaborados. O *spaghetti diagram* é uma ferramenta que suporta a visualização do processo produtivo e dos movimentos operadores, e, análise (Senderská, Mares, & Václav, 2017).

O *Spaghetti Diagram* é um método que permite ver o movimento do objeto num sistema com a ajuda de uma linha (Kanaganayagam, Muthuswamy & Damodaran, 2015). O objeto avaliado pode ser um operador, material, etc. Um sistema onde esse objeto se move pode ser uma área de produção, parte de um edifício ou oficina (Senderská et al., 2017).

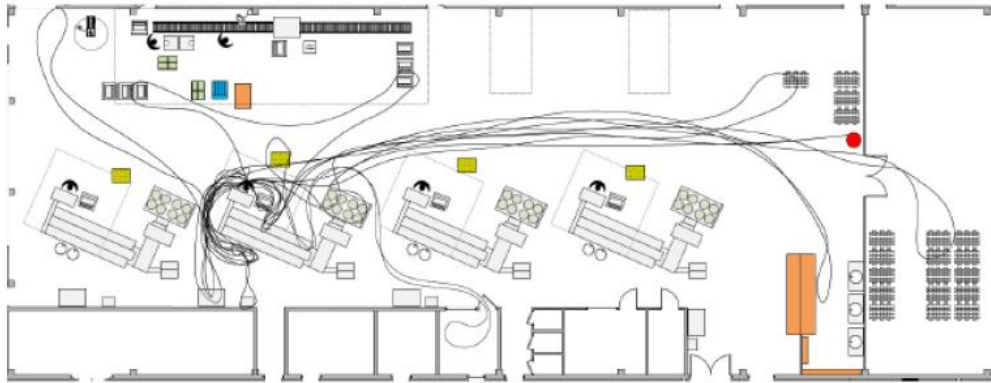


Figura 7 - Exemplo de um *diagram Spaghetti* (Senderská et al., 2017).

Na Figura 7, pode-se ver um exemplo de um *spaghetti diagram*. Este sistema, permite também determinar distâncias sem estar presente no espaço de trabalho. Se tivermos uma imagem do layout com uma escala e sabemos os movimentos que são feitos e a sequencia destes, podemos determinar a distância usando apenas o *Excel* por exemplo (Senderská et al., 2017).

Com base no (Senderská, Mareš, & Evin, 2016) e (Senderská, Mareš, & Zajac, 2012), pode se concluir que este método é um procedimento funcional e rápido que é adequado tanto para produções existentes, espaços de trabalho ou sistemas de montagem tanto como no processo de design do espaço de trabalho.

Segundo (Raikar et al., 2015), os autores usaram diagrama *spaghetti* para identificar desperdícios dos movimentos dos operadores enquanto realizavam tarefas repetitivas. Concluíram que a melhoria de eficiência nas máquinas foi mais relacionada com a redução da fadiga dos operadores por eliminação de movimentos extra ao necessário, sendo que isto foi possível através da elaboração do *spaghetti diagram*. Devido a esta metodologia foi atingido uma redução de trabalho notável.

Segundo Hys e Domagała (2018), com a aplicação do *Spaghetti Diagram* foi possível ilustrar todas as movimentações de um operador no seu local de trabalho. Pela análise do caminho percorrido, demonstrou-se ser possível implementar medidas de melhoria por forma a eliminar movimentos desnecessários, resultando na redução do número de passos durante um ciclo de trabalho. Neste estudo, foi possível reduzir de 609 840 para 435 600 passos, num ano de trabalho.

3 ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO

3.1 Apresentação do Produto

3.2 Descrição do Processo e Fluxo de Operações

3.3 Análise das operações e tempos de produção

3.4 Identificação de Problemas/Oportunidades de Melhoria

3 Análise e Melhoria de uma Linha de Produção

Neste capítulo realiza-se a análise à situação atual do processo de produção da linha em estudo. Esta análise segue a seguinte ordem: apresentação do produto, apresentação do processo produtivo e linha de produção, mapeamento da cadeia de valor, análise dos fluxos de operações e análise do processo e tempos de produção.

3.1 Apresentação do Produto

O sistema de instrumentação produzido na linha em estudo, será integrado nos novos modelos X7, Z4, 8 series e 7 series Facelift da gigante automóvel BMW. Este sistema é um painel de instrumentos digital e programável que proporciona ao condutor do veículo uma condução mais dinâmica, pois toda a informação essencial à condução é apresentada no display do sistema. Para facilitar a sua condução esta unidade prioriza a informação mostrada no display dependendo da situação, por exemplo, uma gravação em tempo real para a câmara de marcha atrás do veículo. Na figura que se segue é possível visualizar um dos produtos produzidos pela linha de produção sobre a qual a presente dissertação incide. Corresponde ao modelo que será em diante designado de variante de 12”.



Figura 8 - Produto BMW 35 UP 4.1 12”.

Na Figura 9 está representada a vista explodida das duas variantes produzidas pela linha, em primeiro lugar a variante de 12", e, em segundo, a variante de 10". Associado a cada peça está a sua designação correspondente.

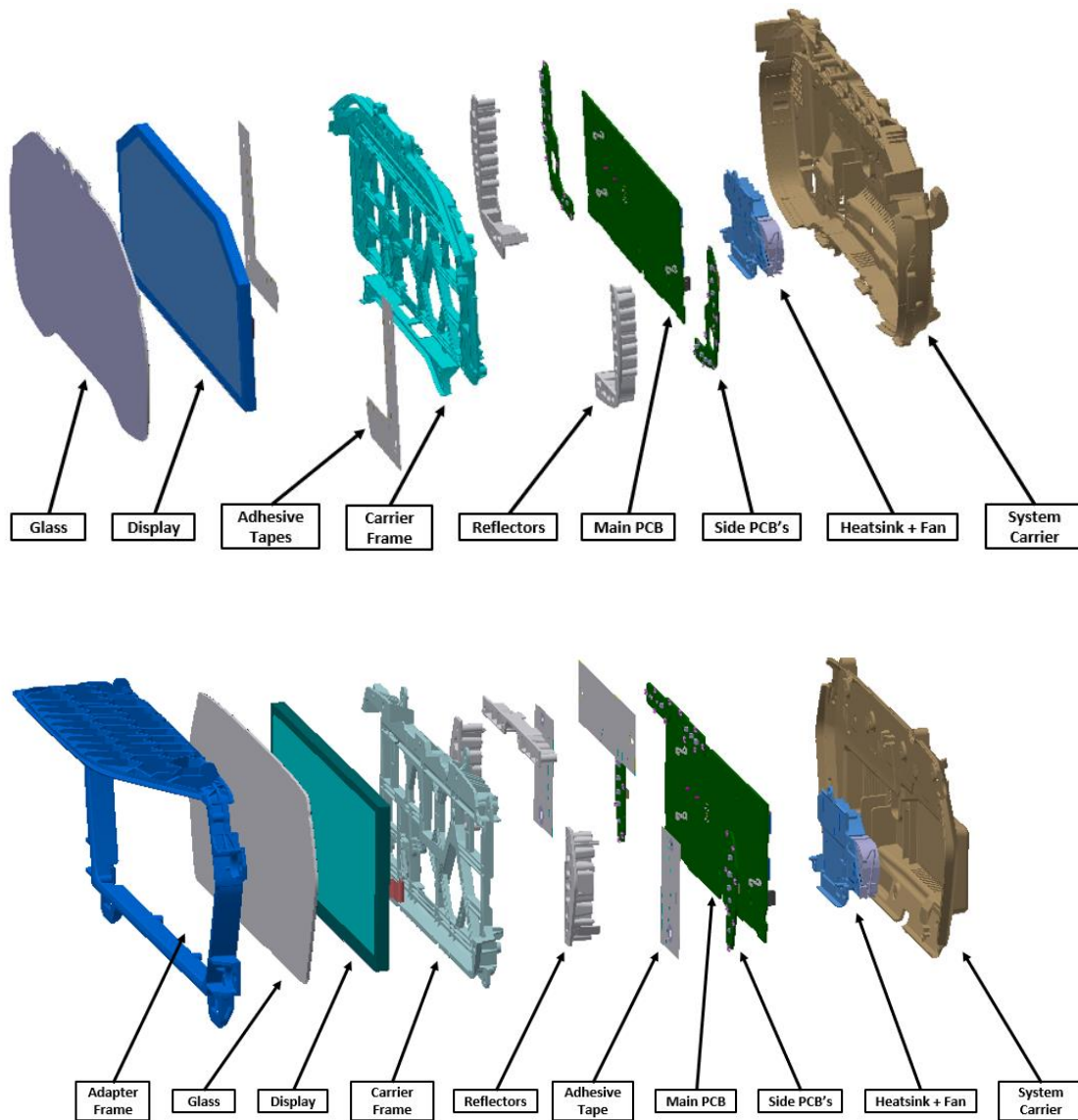


Figura 9 - Vista explodida da variante 10" e 12".

Este produto irá equipar grande parte da frota da BMW nos próximos anos, e, como tal, para satisfazer as quantidades requeridas pelo cliente, a Bosch irá necessitar de um total de sete linhas de produção quer de montagem final como de colagem, que perfazem um total de 14 linhas de montagem.

De seguida será descrito o processo de montagem de ambos os produtos.

3.2 Descrição do Processo e Fluxo de Operações

De seguida é apresentado o processo produtivo da linha de produção em estudo. A linha é equipada com postos de montagem que variam desde bancadas de trabalho com operações simples e standardizadas executadas por operadores de linha, até robôs com processos específicos e automáticos, em que o operador faz apenas *Load* e *Unload* de peças.

Apesar da linha produzir duas variantes diferentes, os produtos já foram desenvolvidos de forma aos seus processos de montagem serem similares, poupando o esforço de se ter de fazer uma linha maior e com mais postos específicos para cada variante, ou com máquinas bastante complexas para permitiram a fabricação de duas partes diferentes.

A primeira parte do processo é efetuado na Linha de Colagem, que apesar de fazer parte da montagem final, é independente da linha de montagem final que iremos abordar seguidamente. Na linha de colagem, apenas se efetua a colagem de dois componentes, o *Bonding Assembly (Glass + Display)* com o *Carrier Frame*. Todo o processo é executado de forma automático à excepção do *Load* e *Unload* de componentes. Primeiramente, ambas as peças são submetidas a um tratamento superficial por Plasma. De seguida é feita a dispensação de cola e inspeção do padrão de cola dispensado no *Carrier Frame*. Após isto, é feita a ativação da cola por luz UV, depois o alinhamento entre as duas peças com recurso de câmaras instaladas no posto, e, por fim, tem-se então a colagem e prensagem do *Bonding Assembly* no *Carrier Frame*. De seguida, o produto segue para o Forno onde é feita a cura da cola. Após 20 minutos o de cura o produto está pronto e volta com recurso a *conveyors* para o ponto onde é feito *Load* e *Unload*. Na Figura 10 é possível visualizar o fluxo entre postos na Linha de colagem.



Figura 10 - Layout da linha de colagem.

De seguida, a Tabela 2 resume os processos na linha.

Tabela 2 - Processo da linha de colagem

Linha de Colagem			
Posto	Descrição	Posto	Descrição
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevador 	7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ativação da Cola por luz UV ▪ Alinhamento do Vidro no <i>Carrier Frame</i> ▪ Montagem do Vidro no <i>Carrier Frame</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Load</i> Vidro e <i>Carrier Frame</i> no Kit ▪ <i>Unload</i> do Conjunto 	8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transporte
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpeza por Plasma do Vidro e <i>Carrier Frame</i> 	9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cura da Cola
4	Dispensação de Cola	10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transporte
5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dispensação de Cola ▪ Inspeção do Padrão de Cola 	11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevador
6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transporte 		

Na linha de montagem final, a primeira peça abastecida na linha trata-se do semi produto resultante da montagem previamente efetuada na linha de Colagem. Este semi produto, designado por *Coverglass*, é submetido ao tratamento superficial por Plasma. Este posto trata-se de um robô, em que as operações manuais correspondem apenas a *Load* e *Unload* do conjunto. O segundo posto, corresponde a uma bancada, e é neste posto que se faz a montagem da *Adhesive Tape* no *Coverglass*, através de operações manuais. O terceiro posto é novamente um robô que faz o tratamento superficial por Plasma, mas desta vez aos *reflectors*. O *Coverglass* e os *Reflectors* convergem ambos para o mesmo posto seguinte, onde se faz a montagem destes dois componentes. Neste posto também se faz uma inspeção onde se verifica se a colagem da *adhesive tape* foi corretamente executada, através da instalação de umas câmaras na bancada. Seguidamente, tem-se a montagem e aparafusamento dos *DFE PCB's* no *Coverglass*. O aparafusamento é um processo automático em que é um robô que executa o processo. O posto seguinte é novamente um aparafusamento, desta vez do *Main PCB* ao *Coverglass*. O *Main PCB* é previamente submetido a um teste funcional noutro posto denominado por FCT20. Antes da montagem do *Main PCB* no *Coverglass*, faz-se a conexão de uma *foil* ao *display* e a sua inspeção com câmaras instaladas no posto. Após o aparafusamento, faz-se a conexão do outro terminal desta mesma *foil* ao *Main PCB*. Ainda antes do *Unload*, é feita também a conexão de mais uma *foil* ao *Main PCB*. O *Coverglass*, segue para o posto seguinte, uma bancada onde é montado e aparafusado manualmente o *Heatsink*. Este *Heatsink* anteriormente é submetido a um processo de dispensação de *Gap Filler* num outro posto automático. Antes da montagem e aparafusamento do *Heatsink* no *Main PCB*, inspeciona-se uma *foil* ligada ao *Main PCB* no posto anterior. Também é verificada se a inspeção do *Gap Filler* no *Heatsink* está

conforme. Com estes parâmetros verificados, o *heatsink* é aparafusado ao *Main PCB*, liga-se a ficha da fan ao *Main PCB* e prossegue-se para o posto seguinte. O próximo posto é um posto de inspeção automática onde se verificam com precisão todas as conexões efetuadas antes de se fechar a unidade com a tampa traseira. Antes da unidade ser submetida à inspeção faz-se ainda a conexão das *foils* dos *DFE PCB's* ao *Main PCB*. A inspeção é feita com recurso a um robô que está instalado dentro de uma estrutura onde no seu interior se encontra um ambiente escuro, próprio para inspeções precisas. O próximo passo, é então o fecho da unidade. No posto seguinte efetua-se a montagem e aparafusamento do *Backcover*. A partir deste momento o produto está selado. Na variante de 10'', há mais um processo exclusivo para este modelo apenas, que corresponde a mais um aparafusamento automático do *Adapter Frame*. De seguida a unidade segue para uma série de testes funcionais do produto executados de forma automática. O primeiro é feito no posto denominado de RUN50, onde a unidade é aquecida e se ativam determinadas funções do produto para verificar eletricamente o produto. Os próximos dois postos, FCT50 e FCT60 verificam outros parâmetros, como por exemplo, o brilho do *display*, alinhamento da imagem do display na área visível do produto, entre outros. No SUB50, próximo posto, é feita uma inspeção subjetiva. Um operador verifica com produto ligado em modo do cliente e em condições próximas à de um condutor, se todos os símbolos, sons, e outros, estão dentro do aceitável para envio para o cliente. Com os parâmetros todos dentro dos requisitos, a unidade vai para o posto seguinte onde se coloca a *Protective Foil*, uma película para proteção do vidro durante o envio para o cliente. Por fim, coloca-se o selo de garantia e etiqueta do cliente no posto LAB50. A unidade segue para o AOI50 que verifica outros parâmetros da montagem do produto, como por exemplo, se os parafusos foram todos aparafusados, o selo da garantia está na posição correta e pontos importantes que estão nos componentes e são usados pelo cliente para a montagem do produto no carro. Finalmente, no PAK50, a unidade é embalada e colocada numa caixa que será enviada para o cliente. Na Figura 11, é possível visualizar o fluxo entre postos na Linha de Montagem Final.

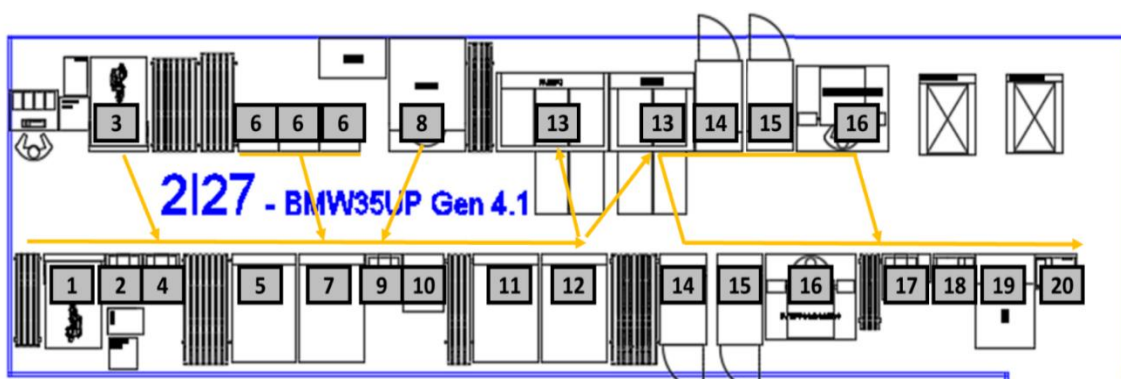


Figura 11 – Fluxo Produtivo da linha de montagem final.

A Tabela 3 resume o processo de montagem na linha de montagem final.

Tabela 3 - Processos da linha de montagem final.

Linha de Montagem Final			
Posto	Descrição	Posto	Descrição
1	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza por Plasma – <i>Coverglass</i> 	11	<ul style="list-style-type: none"> Montagem do <i>System Carrier</i> Aparafusamento do <i>System Carrier</i> ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – x9 parafusos)
2	<ul style="list-style-type: none"> Colagem da <i>Adhesive Tape</i> ao <i>Coverglass</i> 	12	<ul style="list-style-type: none"> Montagem do <i>Adapter Frame</i> Aparafusamento do <i>Adapter Frame</i> ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – x8 parafusos) – Específico para 10
3	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza por Plasma - <i>Reflectors</i> 	13	<ul style="list-style-type: none"> Pré Ligação do Produto (RUN50)
4	<ul style="list-style-type: none"> Inspeção dos Símbolos Colagem dos <i>Reflectors</i> 	14	<ul style="list-style-type: none"> Teste Funcional (FCT50)
5	<ul style="list-style-type: none"> Montagem dos DFE PCB's Aparafusamento dos DFE PCB's ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – x3 + x3 parafusos) 	15	<ul style="list-style-type: none"> Teste Funcional (FCT60)
6	<ul style="list-style-type: none"> Teste Funcional ao Main PCB (FCT20) 	16	<ul style="list-style-type: none"> Inspeção Subjetiva (SUB50)
7	<ul style="list-style-type: none"> Montagem do <i>Main PCB</i> no <i>Carrier Frame</i> Conexão da <i>Foil do Display</i> ao <i>Display</i> Inspeção da Conexão da <i>Foil do Display</i> Aparafusamento <i>Main PCB</i> ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – 6x parafusos) Conexão da <i>Foil do Display</i> ao <i>Main PCB</i> Conexão da <i>Backlight Foil</i> 	17	<ul style="list-style-type: none"> Montagem da Película de Proteção no <i>Coverglass</i>
8	<ul style="list-style-type: none"> Dispensação do <i>Gap Filler</i> no <i>Heatsink</i> 	18	<ul style="list-style-type: none"> Colagem de Selo de Garantia e Etiqueta do Cliente (LAB50)
9	<ul style="list-style-type: none"> Inspeção da <i>Backlight Foil</i> Inspeção do <i>Gap Filler</i> Montagem do <i>Heatsink</i> Aparafusamento do <i>Heatsink</i> (x3 parafusos – Manual) 	19	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação Final (AUI50)

Linha de Montagem Final			
Posto	Descrição	Posto	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> Conexão da Tomada da <i>Fan</i> ao <i>Main PCB</i> 		
10	<ul style="list-style-type: none"> Conexão das <i>Foils</i> dos DFE PCB's ao <i>Main PCB</i> (x2) Inspeção das Conexões (AQI) 	20	<ul style="list-style-type: none"> Embalamento (PAK50)

Como mencionado anteriormente, a linha produz duas variantes. Para ser possível a sua produção, os postos tiveram de ser dimensionados de forma a serem compatíveis com a utilização de dispositivos de montagem diferentes. Nas figuras que se seguem é demonstrado alguns exemplos desta compatibilização.

Na Figura 12, temos o exemplo de uma bancada *standard* que produz as duas variantes. A bancada está preparada para a utilização de dois dispositivos de montagem diferentes. As câmaras de inspeção foram instaladas numa posição onde conseguem captar a imagem necessária tanto para a variante de 10" como para de 12". O *scanner* instalado para a leitura do Código de Barras (CdB), que verifica se a peça foi submetida ao processo anterior e faz o registo no sistema, também foi compatibilizado. O CdB que está colocado no produto encontra-se numa posição semelhante para ambas as variantes, o que permite que o intervalo de captação de imagem do scanner consiga fazer a leitura do código. Por fim para que a troca do dispositivo de montagem seja efetuada com facilidade, a bancada vem com uma medida *standard*, que corresponde à medida da base da ferramenta. Assim, é só trocar um dispositivo por outro. Em média, o tempo de troca de ferramenta é de 30 s.



Figura 12 - Posto MF3.

Na Figura 13 encontra-se um posto de montagem, que possui o mesmo conceito da bancada apresentada na Figura 12, mas neste posto apenas se troca o ninho onde assenta o produto. Aqui foi possível este conceito de troca de ferramenta pois as peças usadas na montagem são as mesmas à exceção do *Coverglass*, daí apenas se efetuar a troca do ninho do dispositivo de montagem. Em média, o tempo de troca de ferramenta é de 10 s.

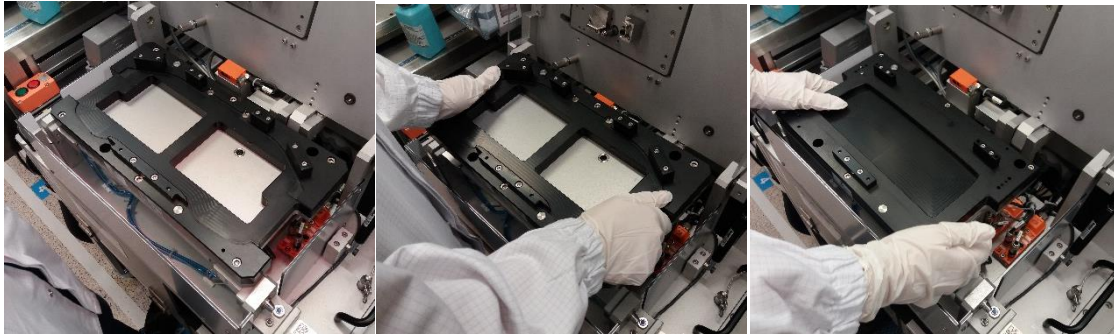


Figura 13 - Posto Heatsink.

A Figura 14 mostra um robô de aparafusamento. Os robôs são *standard*, diferindo apenas as bases de colocação da unidade. Estas bases são dimensionadas com uma cota exterior igual para que seja possível uma troca rápida de ferramentas. A troca destas bases é de aproximadamente 20 s.



Figura 14 - Posto MF4.

O robô de plasma (Figura 15) tem uma estrutura semelhante ao robô de aparafusamento, mas a sua troca ainda é mais simples, segue o mesmo conceito da bancada onde se troca apenas o ninho, como se pode ver na Figura 13.



Figura 15 - Posto Plasma.

Neste posto, apenas se efetua a troca do ninho. Como o programa de aplicação do plasma tem coordenadas diferentes de uma variante para a outra, os ninhos possuem um sensor diferente um do outro. Assim quando um ninho está colocado, há um sinal ON e um OFF, ou seja, o robô efetua um programa para o ninho colocado, e vice-versa quando é o outro ninho que está colocado. A troca destes ninhos é de aproximadamente 10 s. Na Figura 16 pode-se visualizar estes dois ninhos diferentes.



Figura 16 - Ninhos do robô de plasma.

Estes foram alguns exemplos que se encontram instalados na linha que permitem a sua mudança rápida de um produto para o outro, e, até flexibilidade para uma possível integração de outro produto novo na linha de montagem.

A linha também foi instalada tendo em conta os 5S. O chão encontra-se com os contornos da linha identificados. Os operadores também têm no chão as marcações dos postos para onde se têm de deslocar. Os postos têm todos identificação (Figura 17).



Figura 17 - Chão da linha, posto organizado e limpo (direita) e outros pormenores de organização.

As bancadas estão equipadas com aspiradores, e ao fim de 100 unidades produzidas o software do posto liga automaticamente o aspirador para que o operador proceda à limpeza do posto. Os postos de trabalho estão normalizados. A altura de trabalho é aproximadamente a mesma para todos os postos da linha, e, encontra-se num valor aprovado a nível ergonómico.

3.3 Análise das operações e tempos de produção

Com o processo de montagem descrito, prossegue-se para a sua análise em termos de tempos de operação.

O tempo de ciclo das linhas deve ser o mesmo para produzirem com um fluxo contínuo, e, para se satisfazer as necessidades do cliente o valor a alcançar é de 72 s. Contudo este valor deve ser alcançado da forma mais eficiente possível. Podia-se apenas acrescentar máquinas até se reduzir o tempo de ciclo da linha embora isso não seria rentável do ponto de vista económico nem eficiente do ponto de vista produtivo. Daí fazer-se uma recolha e análise de todos os tempos relevantes para o processo produtivo.

Tabela 4 - Tempos da linha de colagem.

Operações	Tempos (s)
Robô de Plasma	63
Robô de Cola	62,5
Robô de Cola	62,5
Robô de Montagem	93
Cola	65
Conjunto <i>Conveyor</i> , Elevadores, <i>Load</i> e <i>Unload</i>	51

Na Tabela 4 encontram-se os tempos relativos à linha de colagem, e, na Tabela 5 os tempos relativos à montagem final.

Tabela 5 - Tempos da linha de montagem final.

Operações	Tempos (s)
Robô de Plasma	51
Bancada 2	37
Robô de Plasma	32
Bancada 4	64
Robô de Aparafusamento	41
FCT20	52
Robô de Aparafusamento	54,5
Robô de Dispensação	33
Bancada 9	65
AOI	61
Robô de Aparafusamento	70
Robô de Aparafusamento	71
RUN50	76
FCT50	65
FCT60	60
SUB50	60
Bancada 17	36
LAB50	19
AOI50	31
PAK50	23

De seguida foi analisado o balanceamento das linhas. O Gráfico 1 corresponde ao gráfico de balanceamento da linha de colagem. As barras relativas aos elevadores, *conveyors*, *Load* e *Unload* estão aglomeradas numa só, de forma a se poder visualizar o impacto do transporte no tempo de ciclo da linha.

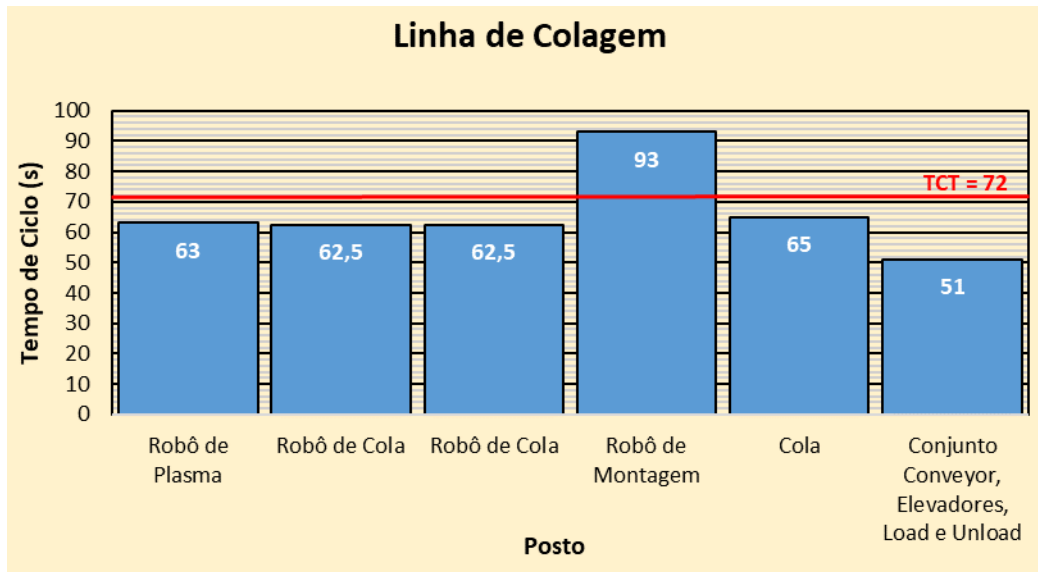


Gráfico 1 - Tempo de ciclo da linha de colagem.

No Gráfico 2 pode-se visualizar estes tempos relativamente à linha de montagem final.

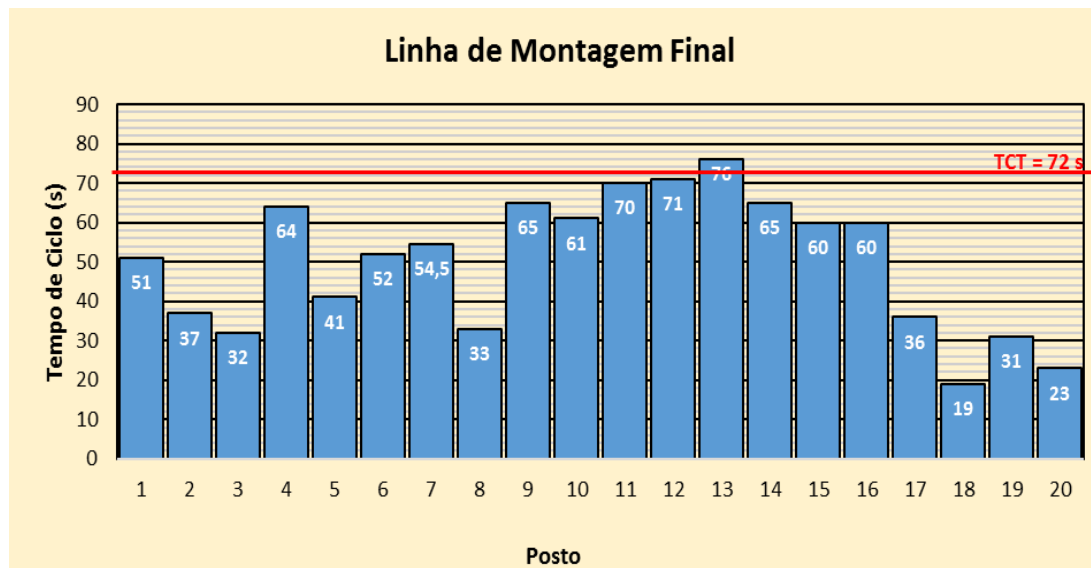


Gráfico 2 - Tempo de ciclo da linha de montagem final.

3.4 Identificação de Problemas/Oportunidades de Melhoria

Neste capítulo serão apresentados os problemas identificados na linha de produção:
Tabela 6

Tabela 6 – Problemas identificados.

Problemas Identificados	
Problema	Descrição do Problema
1 Linha de Colagem com tempo de ciclo acima do objetivo inicialmente definido.	Pelo gráfico de nivelamento da Linha de Colagem verificou-se que o robô de montagem possui um tempo de ciclo de 93 s, acima 21 s do que estava inicialmente previsto. Para atingir a capacidade necessária da linha é fundamental reduzir o tempo de processamento deste equipamento, caso contrário será necessário recorrer-se à duplicação deste equipamento, o que implica custos adicionais.
2 Supermercado entre Linha de Colagem e Linha de montagem Final	As duas linhas possuem um tempo de ciclo semelhante. Possibilidade de implementação de abastecimento direto evitando stocks intermédios.
3 Transportes na Linha de Colagem	Identificou-se três processos de transporte do produto. O transporte é cotado como uma ação sem valor acrescentado para o produto. Deve-se então verificar se é realmente necessário estes transportes no processo de montagem.
4 Robôs de Plasma	Na linha de montagem final encontram-se dois robôs de plasma, um para o <i>Coverglass</i> e outro para os <i>Reflectors</i> . Os dois robôs são fisicamente iguais por isso existe potencial para estes fazerem o mesmo apenas com um, se se verificar que há tempo disponível para fazerem as duas operações distintas.
5 RUN50 redução TC	Redução de tempo de ciclo para metade.
6 Inspeção da dispensação de <i>Gap Filler</i>	A inspeção da dispensação do material <i>Gap Filler</i> no componente é controlada no próprio equipamento bem como no posto imediatamente antes à sua montagem no produto.

No próximo capítulo são descritas as soluções propostas e o estado de implementação para os tópicos identificados neste capítulo.

4 Soluções de Melhoria

- 4.1 Linha de Colagem com CT acima do objetivo
- 4.2 Supermercado entre Linha de Colagem e Montagem Final
 - 4.3 Transportes na Linha de Colagem
 - 4.4 Robôs de Plasma
 - 4.5 Redução CT RUN50
 - 4.6 Inspeção da dispensação do Gap Filler
 - 4.7 Estado Pós-Alterações

4 Soluções de Melhoria

Neste capítulo, todos os problemas identificados no capítulo anterior são analisados. Para cada um é feito um enquadramento do ponto no âmbito do projeto, analisadas as causas e o impacto no projeto a nível de qualidade, tempo e custo.

4.1 Linha de Colagem com CT acima do objetivo

O tempo de ciclo previsto inicialmente para a linha de colagem foi de 72s, tempo este necessário para satisfazer as necessidades do cliente. No Gráfico 1 é possível ver a distribuição do tempo de ciclo de cada equipamento. Da análise do gráfico o tempo de ciclo obtido após a montagem da linha foi de 93s, ditado pelo *bottleneck*, o robô de montagem (Figura 18).



Figura 18 - Posto Montagem.

A Figura 19 mostra o robô responsável por efetuar o processo de montagem do *Coverglass* no *Carrier Frame*.

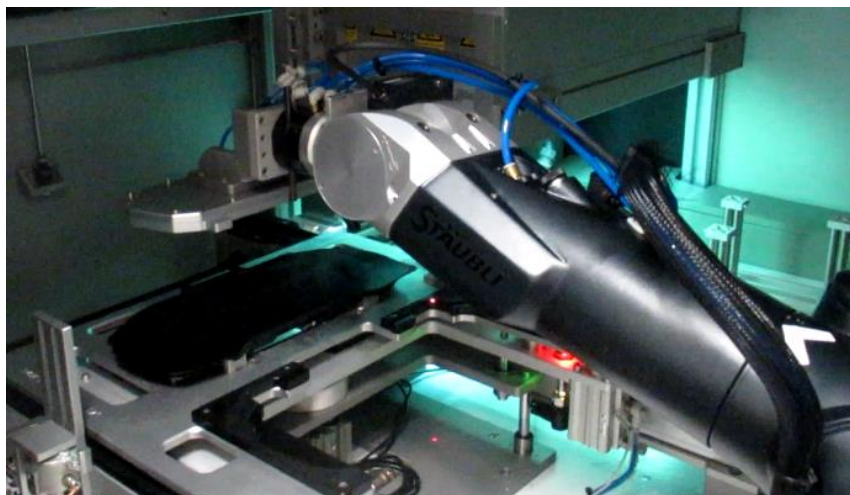


Figura 19 - Robô de montagem.

Este acréscimo de tempo instaurado no robô de montagem, traduz-se numa perda de capacidade de 75920 peças por ano, que representa 22% da produção da linha. Para garantir o arranque seguro do projeto, foi posta em análise duas soluções, nomeadamente:

1. Duplicação do Posto / Linha
2. Otimização do processo da máquina de montagem.

Numa primeira fase foi analisada a opção número dois, visto ser a que tem menos custos associados. Para isto, foram identificados todos os passos da montagem do *bonding assembly* no *carrier frame*, bem como, recolhidos os tempos associados a cada uma das operações efetuadas pelo robô de montagem. Na Tabela 7 pode-se visualizar os tempos associados, estando as operações categorizadas por cores de acordo com o tipo de tarefa: Transporte, Movimentos do Robô, Prensagem e Luzes UV.

Tabela 7 - Tempos de processamento do robô de montagem.

Operações	Tempo (s)
Transporte de entrada	8
Indexação	2
Fechar porta de entrada	2
<i>Pickup</i> até posição de standby	5
Movimento de avanço do eixo das luzes UV	4
Luzes UV	8
Movimento de recuo do eixo das luzes UV	3
Movimento do robô para posição de montagem	4
Movimento de prensagem	22

Operações	Tempo (s)
Movimento até posição de saída de palete	4
Indexação	1
Transporte de saída	8
Abertura porta de saída	1
Saída de palete	11
Fecho da porta	1
Movimento do robô até posição inicial	9
Total	93

Após o tratamento dos dados conclui-se que cerca de um quarto das operações correspondem a apenas movimentos do robô e cerca de 40% são transportes, como se pode ver no Gráfico 3. Todos estes movimentos de transporte são classificados como desperdícios, dado que não acrescentam valor ao produto, como tal, estes devem ser alvo de análise para serem reduzidos para um valor mínimo.

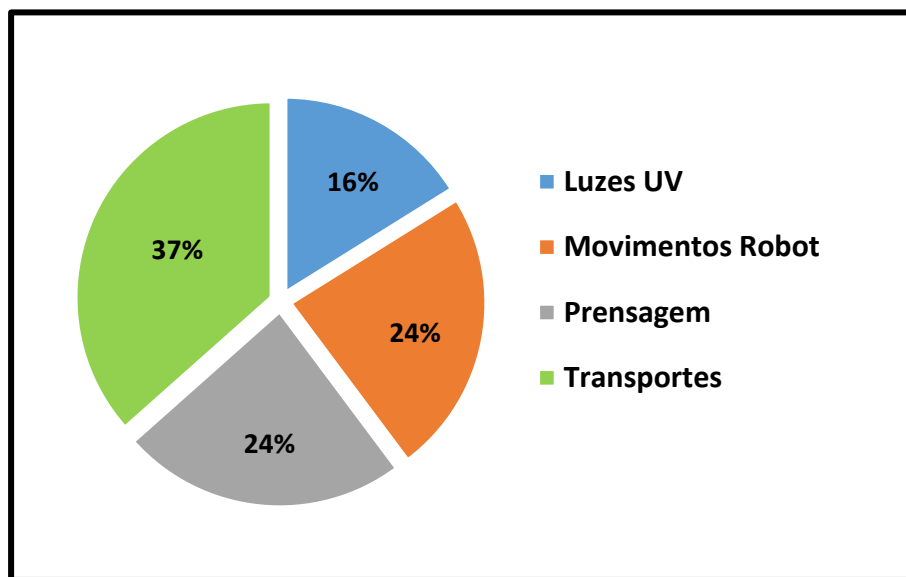


Gráfico 3 - Tempos de processamento do robô de montagem.

Com vista a atingir este objetivo, foi reunida uma equipa de trabalho multidisciplinar de diversas áreas: processo, gestão industrial, qualidade e produção. Dando início a esta análise, definiu-se uma estratégia para redução do tempo do robô de montagem, que contempla a eliminação de operações, a execução de operações em paralelo e o aumento da velocidade de movimentos, salvaguardando sempre a qualidade do produto.

Como resultado destas atividades, resultou um plano de ações do qual se incluiu os seguintes tópicos:

- Reduzir tempo de prensagem para 2 s;
- Diminuir tempo no movimento de aproximação (ponto muito alto);
- Aumentar velocidade do movimento do robô após prensagem;
- Acelerar movimentos do robô;
- Eliminar/alterar ponto do robô “esticado” para saída da paleta
- Colocar em paralelo os movimentos de fechar porta e indexação da paleta;
- Fechar porta logo após a detecção da paleta (remover tempo de espera);
- Aumentar velocidade do cilindro das luzes UV;
- Aumentar velocidade do transporte;

Todos estes pontos foram discutidos e propostos com o fornecedor do equipamento, com vista a sua implementação. Após análise, todas estas atividades foram definidas como exequíveis e passíveis de serem implementadas.

Finalizado este processo, foi possível atingir um tempo de ciclo de 68 s, tendo assim a linha a cadência necessária para satisfazer as necessidades de produção.

Em suma, o resultado desta atividade foi positivo, tendo o objetivo sido atingido. Desta forma evitou-se a necessidade de análise da opção número um, que implicaria a duplicação do posto, e, conseqüentemente, custos elevados e não planeados, atrasos no projeto devido ao *Lead time* dos equipamentos.

4.2 Supermercado entre Linha de Colagem e Montagem Final

De acordo com a Figura 20, onde se encontra representado o fluxo produtivo deste produto, verifica-se que entre as linhas de Colagem e Montagem Final encontra-se colocado um supermercado que tem como função o armazenamento do material produzido pela Linha de Colagem e respetivo abastecimento à Linha de Montagem Final. Contudo, um supermercado representa *stock* parado, mais movimentações desnecessárias e espaço ocupado no espaço produtivo. Dado que ambas as linhas têm um tempo de ciclo semelhante, estudou-se a possibilidade de remoção deste armazenamento intermédio e a abastecer diretamente a linha de Montagem Final.

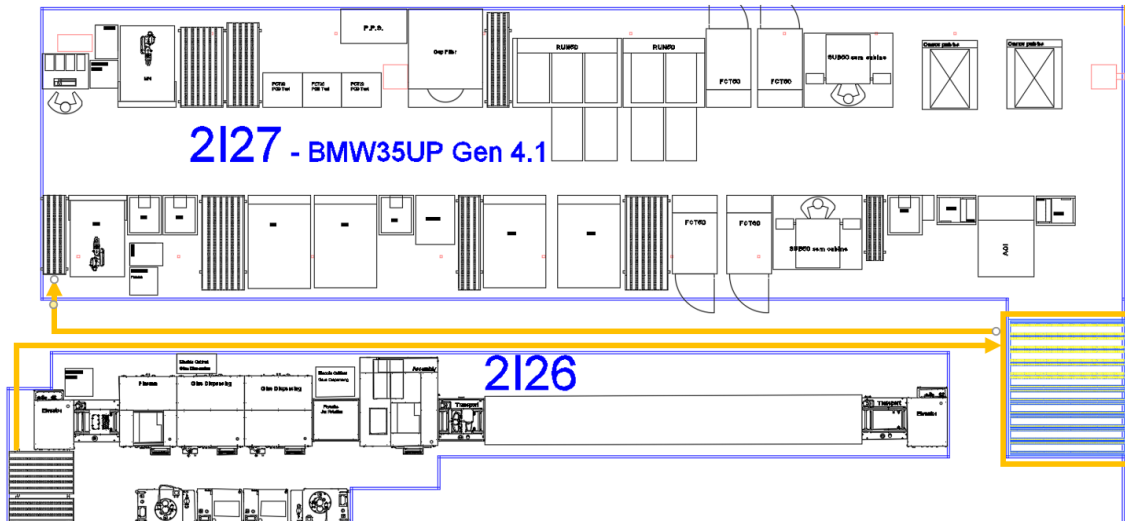


Figura 20 - Layout das duas linhas com supermercado.

Para atingir este propósito foram estudadas duas opções, nomeadamente:

1. Fluxo de material direto entre Linha de Colagem e Montagem Final
2. Eliminação das máquinas de Plasma na Montagem Final e União das linhas

4.2.1 Fluxo de material direto entre Linha de Colagem e Montagem Final

Nesta primeira proposta, a solução pretendida a junção das duas linhas com vista à eliminação de *stocks* intermédios. Para esta proposta foi definido um *layout* de acordo com o que está representado na Figura 21.



Figura 21 - Layout de uma só linha.

Com esta solução, permite atingir o objetivo definido, tornando assim o processo mais *Lean*. Contudo, devido às restrições de espaço existentes na fábrica, esta solução não é passível de implementação a curto-prazo, e, como tal, foi abandonada. No entanto, no futuro pode-se equacionar a sua possibilidade a futuros projetos dada as suas vantagens do ponto de vista do processo produtivo.

4.2.2 Eliminação das máquinas de Plasma na Montagem Final e União das linhas

Na base desta proposta, está a união da Linha de Colagem à Linha de Montagem Final, por um sistema de transporte. Com esta automatização tem-se como objetivo utilizar o robô de Plasma da Linha de Colagem como robô partilhado também com a linha de

Montagem Final. Assim, e dado o robô de colagem já fazer o tratamento no *Bonding Assembly* e *Carrier Frame*, só seria necessário incrementar o tratamento nos *Reflectors*. Na Figura 22, encontra-se representado o layout proposto para esta solução.

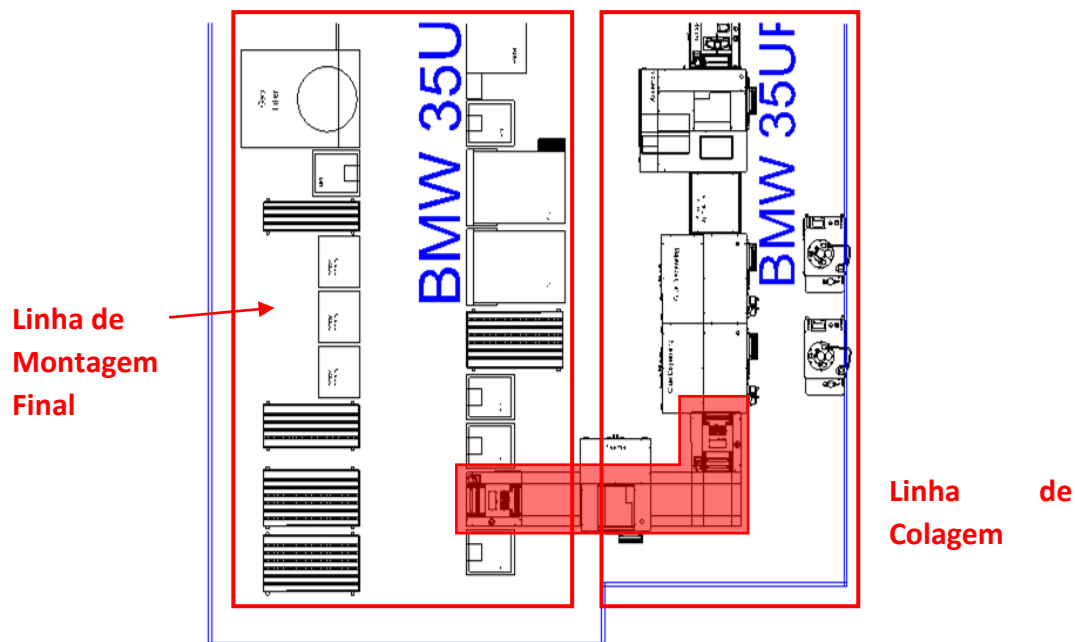


Figura 22 - Layout proposto.

Com esta proposta, o *Load* do *Bonding Assembly*, *Carrier Frame* e *Reflectors* é efetuado na Montagem Final no posto assinalado com o número um na Figura 11.

Seguindo o processo normal, as peças irão efetuar o tratamento de plasma no posto assinalado na figura com o número dois. Posto isto, as peças seguem para os restantes processos, retornando ao posto número um por um *conveyor* existente na zona inferior dos equipamentos. Neste primeiro posto irão estar disponíveis o *Coverglass* com o processo de colagem já efetuado bem como os *Reflectors*.

O tempo de processamento de uma peça na linha de colagem ronda os 30 minutos por peça, tempo este que pode afetar o tratamento superficial das peças. Assim, de forma a validar a viabilidade desta solução foram efetuadas várias medições da energia superficial das peças ao longo de uma hora, tendo concluído que ao fim 45 minutos se verificava a degradação do tratamento. Por este motivo, este ponto foi abandonado dado a existência de um risco de qualidade elevado para a integridade do produto.

Para além deste ponto, esta solução apresenta como desvantagem, o tempo que demora o processamento da primeira peça, o tempo que as superfícies ficam “desprotegidas” e sujeitas a contaminação.

O segundo transporte (Figura 25) encontra-se entre o Robô de Montagem e o Forno. Este transporte tem como função principal remover as unidades não conformes após a montagem do *Bonding Assembly* com o *Carrier Frame*. Sem este *conveyor* as peças não conformes seguiriam para o forno, efetuando assim a cura total da cola não permitindo mais a sua reutilização. Com a cola ainda líquida é possível a separação das duas peças previamente montadas, e, seu respetivo reaproveitamento.



Figura 25 - Segundo transporte.

Por fim, o terceiro transporte (Figura 26) está localizado entre o Forno e o elevador situado no fim da linha, com capacidade para alojar uma peça. Este transporte está colocado neste sítio para receber as unidades que saem do forno, e, em caso de o elevador estar no piso inferior, não obrigar a uma paragem forçada do mesmo. Desta forma, este transporte é uma máquina crucial para o bom funcionamento da linha não podendo assim ser removido nem reduzido do processo de colagem.



Figura 26 - Terceiro transporte.

Desta análise, foi encontrado uma oportunidade de melhoria, que passa pela agregação das tarefas realizadas pelos transportes um e dois. Assim definiu-se que se iria manter o transporte número dois, acumulando este as funções realizadas pelo transporte um. Com esta nova sistemática todas as unidades não conformes na dispensação de cola, irão de forma automática prosseguir para o interior da máquina de montagem, sem que, no entanto seja efetuado o processo, sendo posteriormente possível a sua remoção no transporte número dois.

Com esta alteração, conseguiu-se reduzir o comprimento total da linha de colagem em 1 m, bem como, reutilizar o transporte retirado para uma segunda linha, o que representou uma poupança de 12 000 €.

4.4 Robôs de Plasma

A linha de montagem final trabalha com dois robôs de plasma responsáveis pelo tratamento superficial do *Coverglass* e dos *Reflectors* (Figura 27). Assim, apesar destes trabalharem com diferentes materiais, a morfologia do equipamento é a mesma, sendo que os resultados finais também são os mesmos.

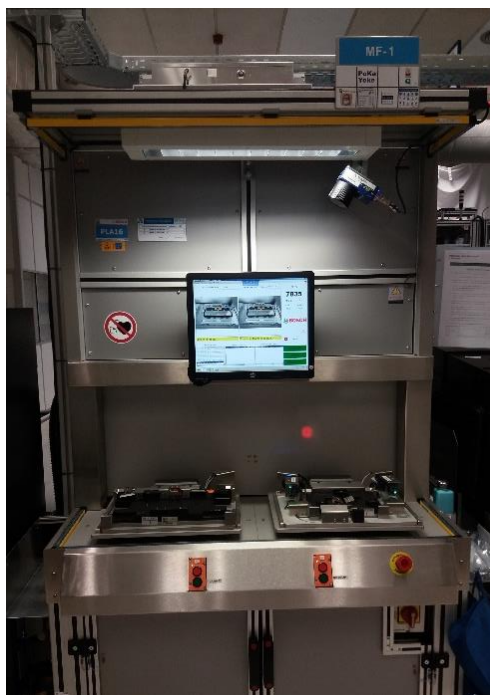


Figura 27 - Robô de plasma.

Atendendo a que cada robô é composto por duas bases distintas, Figura 28, é possível identificar que existe potencial para compatibilizar estas duas operações num único robô.



Figura 28 - Bases diferentes do robô de plasma.

De acordo com o gráfico de balanceamento da linha (Gráfico 2) verifica-se que o tempo acumulado das duas operações é de 83 s, que representam 11 s acima do objetivo definido para esta linha. Desta forma para tornar viável esta redução é necessário avaliar a possibilidade de redução de tempo de operação quer no *Coverglass* quer nos *Reflectors*.

Seguindo a mesma sistemática utilizada no capítulo 4.1, foi criada uma equipa de trabalho com vista a atingir o objetivo proposto, nomeadamente, utilizar-se apenas um robô de plasma, em que uma das bases permite a realização do processo de tratamento superficial do *Coverglass* e outra dos *Reflectors*.

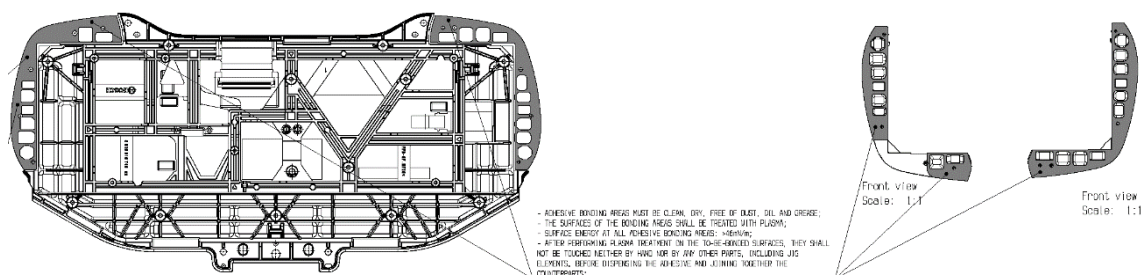


Figura 29 - Factory Drawing.

De acordo com a especificação para este processo, é necessário assegurar uma energia superficial nas peças superior a 56 mN/m (Figura 29). Para estes equipamentos, dada a folga existente a nível de tempo de ciclo, os resultados definidos para a instalação do equipamento eram superiores ao especificado, na ordem dos 74 mN/m. Tendo em conta as novas premissas, diminuiu-se o número de passagens do robô sobre o *Coverglass* de quatro para três ciclos, e, nos *Reflectors* de três para dois ciclos. Com esta alteração, foi efetuada a validação do processo, e obteve-se uma energia superficial de 60 mN/m para ambas as peças, bem como, uma redução do tempo de ciclo em 20 s.

Com esta redução, foi possível avançar com esta solução, resultando na eliminação de uma máquina de plasma. A curto prazo, o equipamento de plasma retirado será reutilizado na segunda linha, o que representa uma poupança de cerca de 100 000 €, contudo esta proposta será válida para todo o projeto.

4.5 Redução CT RUN50

O Posto *Run-In* (RUN50) é um equipamento de teste cuja função principal é o garantir o aquecimento da unidade. Este posto está posicionado na cadeia de testes antes do ajuste do *display*, feito no FCT50, de forma a executar o ajuste a uma temperatura estável. Este processo é um requisito do cliente.

O posto RUN50 tem capacidade para reproduzir este aquecimento em paralelo a 18 unidades completas distribuídas por 3 gavetas, conforme na Figura 30, ligando a unidade nas condições normais do cliente (*Display* ligado e brilho no máximo) durante 30 minutos, para aquecer o *display*. Durante este processo de aquecimento, testes elétricos podem ser executados. Após o aquecimento, a unidade é removida do RUN50 e é colocada diretamente no FCT50 para ajuste do *display*.



Figura 30 - RUN50.

Sendo este o posto o *bottleneck* da linha, foi atribuído especial foco nesta estação, pois qualquer melhoria que seja realizada neste equipamento terá impacto direto na

capacidade da linha. Na linha em estudo existe atualmente dois equipamentos, sendo este um dos equipamentos mais caros da linha, cerca de 175 000 €.

Com o âmbito de avaliar a remoção ou redução do tempo de processamento do RUN50, foram reunidos os vários especialistas deste equipamento. Após a primeira reunião foi iniciado o estudo do comportamento do *display* ao longo do tempo e em função da temperatura.

Neste estudo foi avaliado o comportamento de 125 unidades, e, conclui-se que a variação dos vários parâmetros do *display* ao longo do tempo e da temperatura, era estável em alguns deles após 700 s, sendo que nos restantes era possível fazer a extrapolação das funções através da aplicação de algoritmos. Com os 700 s, é possível reduzir um equipamento por linha e aumentar a cadência da linha, passando o *bottleneck* a ser o posto 11.

Finalizado este estudo, está neste momento em discussão com o cliente para implementação desta medida nas linhas de produção atuais e futuras.

4.6 Inspeção da dispensação do Gap Filler

No processo de aplicação de *Gap Filler* é controlada a sua correta dispensação quer no próprio equipamento de dispensação (Figura 31), de forma a assegurar a correta dispensação da máquina, bem como, no posto de montagem no produto para garantir que não existiu danos no fluido dispensado devido ao manuseamento da peça. Assim, o processo de inspeção é realizado duas vezes, não adicionando qualquer valor ao produto.



Figura 31 - Posto de dispensação de *Gap Filler*.

Neste âmbito, foi proposta a eliminação do equipamento de teste existente na máquina de *Gap Filler* (Figura 32), sendo que a qualidade da dispensação é assegurada no posto de montagem da peça no produto.

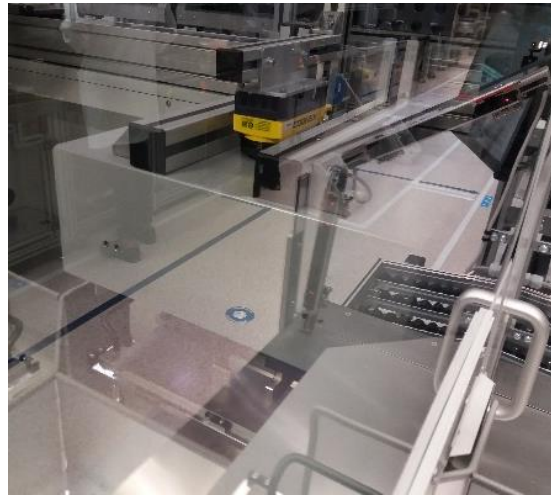


Figura 32 - Equipamento de inspeção.

Com esta alteração, é possível em futuras aquisições remover o equipamento de inspeção, poupando-se o equivalente a 25 000 € em cada máquina. Associada a esta alteração foi possível conceber equipamentos mais compactos o que representam um ganho a nível de *layout* da linha.

Tabela 8 - Tabela Síntese.

Problema	Solução
Linha de Colagem com tempo de ciclo acima do objetivo inicialmente definido	O resultado da atividade de melhoria para este problema foi positivo, tendo-se atingido o TC necessário, através da otimização das operações de montagem no posto <i>bottleneck</i> . Esta ação, evitou a duplicação de um posto de montagem, permitindo, assim, sem efetuar alterações físicas na linha obter-se a cadência necessária para satisfazer as necessidades do cliente.
Supermercado entre Linha de Colagem e Linha de montagem Final	Para este tópico, as soluções propostas foram abandonadas por apresentarem outras desvantagens ou riscos para a fábrica. Primeiramente propôs-se a junção das duas linhas de produção, obtendo-se um fluxo direto entre as duas linhas agora fundidas numa só, mas por restrições de espaço na área produtiva esta solução não é viável. Em alternativa, apresentou-se outra solução onde se fazia a ligação das duas linhas através de uma máquina de transporte, alterando-se ligeiramente o fluxo do processo de montagem. Com esta

Problema	Solução
	alteração verificou-se a existência de um risco elevado de contaminação das peças.
Transportes na Linha de Colagem	Com esta proposta, conseguiu-se reduzir o comprimento total da linha de colagem em 1 m, bem como, reutilizar o transporte retirado para uma segunda linha, o que representou uma poupança de 12 000 €.
Robôs de Plasma	Para este tópico propôs-se a redução de uma máquina. Desta forma para tornar viável esta redução é necessário avaliar a possibilidade de redução de tempo de operação quer no <i>Coverglass</i> quer nos <i>Reflectors</i> . Com esta redução, foi possível avançar com esta solução, resultando na eliminação de uma máquina de plasma. A curto prazo, o equipamento de plasma retirado será reutilizado na segunda linha, o que representa uma poupança de cerca de 100 000 €, contudo esta proposta será válida para todo o projeto.
RUN50 redução TC	Neste estudo foi avaliado o comportamento de 125 unidades, e, conclui-se que a variação dos vários parâmetros do display ao longo do tempo e da temperatura, era estável em alguns deles após 700 s, sendo que nos restantes era possível fazer a extrapolação das funções através da aplicação de algoritmos. Com os 700 s, é possível reduzir um equipamento por linha e aumentar a cadência da linha, passando o <i>bottleneck</i> a ser o posto 11.
Inspeção da dispensação de <i>Gap Filler</i>	Verificou-se que o processo de inspeção é realizado duas vezes, não adicionando qualquer valor ao produto. No processo de aplicação de <i>Gap Filler</i> é controlada a sua correta dispensação no próprio equipamento de dispensação, o que não garante que no momento de montagem o fluido se encontre corretamente dispensado. Para tal, decidiu-se remover esta inspeção realizada no próprio posto de dispensação, mantendo-se a inspeção apenas no posto de montagem posterior. Com esta alteração, é possível em futuras aquisições remover o equipamento de inspeção, poupando-se o equivalente a 25 000 € em cada máquina. Associada a esta alteração foi possível conceber equipamentos mais compactos o que representam um ganho a nível de <i>layout</i> da linha.

4.7 Estado Pós-Alterações

Após as melhorias propostas serem validadas, chega a fase em que tem de se implementar estas alterações. As alterações vão desde a otimização de operações em robôs até à remoção de máquinas com baixas taxas de utilização. Para tal, teve de se voltar a reestruturar as linhas de montagem, reorganizando o seu *layout* e fluxo produtivo. De seguida será apresentado as mesmas tabelas que previamente também foram usadas para identificar o processo na linha de montagem.

Na Linha de Colagem, o fluxo produtivo não sofreu grandes mudanças em termos de *layout* (Figura 33).

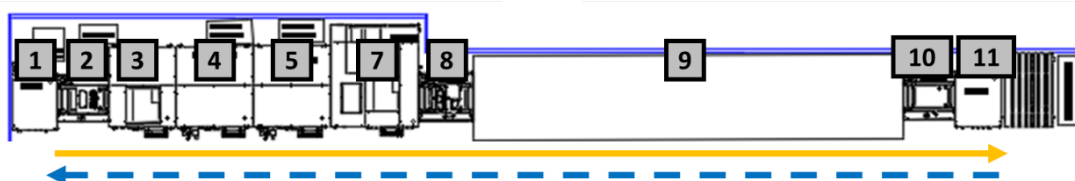


Figura 33 - *Layout* da linha de colagem após alterações.

A principal alteração foi a remoção do *conveyor* cuja função era efetuar o transporte de peças entre o segundo robô de dispensação de cola e o robô de montagem. Na Tabela 9 podemos ver o processo de montagem após as alterações.

Tabela 9 - Processo da linha de colagem após alterações.

Gluing Cell			
Posto	Descrição	Posto	Descrição
1	<ul style="list-style-type: none"> Elevador 	7	<ul style="list-style-type: none"> Ativação da Cola por luz UV Alinhamento do Vidro no <i>Carrier Frame</i> Montagem do Vidro no <i>Carrier Frame</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> <i>Load Vidro e Carrier Frame no Kit</i> <i>Unload do Conjunto</i> 	8	<ul style="list-style-type: none"> Transporte
3	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza por Plasma do Vidro e <i>Carrier Frame</i> 	9	<ul style="list-style-type: none"> Cura da cola
4	<ul style="list-style-type: none"> Dispensação de Cola 	10	<ul style="list-style-type: none"> Transporte
5	<ul style="list-style-type: none"> Dispensação de Cola Inspeção do Padrão de Cola 	11	<ul style="list-style-type: none"> Elevador
6	<ul style="list-style-type: none"> REMOVIDO 		

A linha de Colagem reduziu 1 m em todo o seu comprimento.

Na linha de montagem final as alterações já foram mais acentuadas. Nesta linha removeu-se duas máquinas. Como tal as mudanças a nível de espaço têm mais impacto e voltou-se a repensar no *layout* da linha por forma a que o processo produtivo e fluxo de operações seja o melhor possível. Na Figura 34 pode-se visualizar o *layout* e o fluxo produtivo da linha de montagem final.

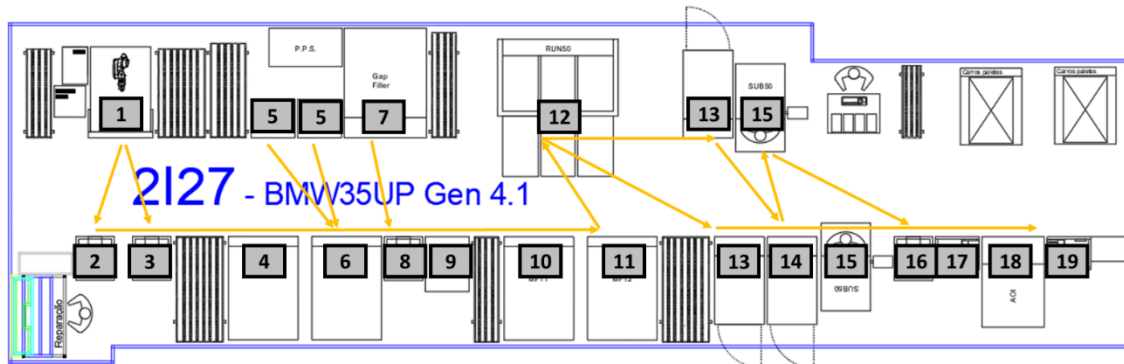


Figura 34 - *Layout* da linha de montagem final após alterações.

De seguida será apresentada a Tabela 10 com as operações por posto onde estão identificadas a sombreado as operações que passam a ser desempenhadas num posto diferente.

Tabela 10 - Processo da linha de montagem final após alterações.

Linha de Montagem Final			
Posto	Descrição	Posto	Descrição
1	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza por Plasma – <i>Coverglass</i> 	11	<ul style="list-style-type: none"> Montagem do <i>System Carrier</i> Aparafusamento do <i>System Carrier</i> ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – x9 parafusos)
2	<ul style="list-style-type: none"> Colagem da <i>Adhesive Tape</i> ao <i>Coverglass</i> 	12	<ul style="list-style-type: none"> Montagem do <i>Adapter Frame</i> Aparafusamento do <i>Adapter Frame</i> ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – x8 parafusos) – Específico para 10
3	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza por Plasma – <i>Reflectors</i> 	13	<ul style="list-style-type: none"> Pré Ligação do Produto (RUN50)
4	<ul style="list-style-type: none"> Inspeção dos símbolos Colagem dos <i>Reflectors</i> 	14	<ul style="list-style-type: none"> Teste Funcional (FCT50)
5	<ul style="list-style-type: none"> Montagem dos <i>DFE PCB's</i> Aparafusamento dos <i>DFE PCB's</i> ao <i>Carrier Frame</i> (Auto – x3 + x3 parafusos) Conexão da <i>Foil do Display</i> ao <i>Display</i> 	15	<ul style="list-style-type: none"> Teste Funcional (FCT60)

Linha de Montagem Final			
Posto	Descrição	Posto	Descrição
6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teste Funcional ao <i>Main PCB</i> (FCT20) 	16	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção Subjetiva (SUB50)
7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montagem do <i>Main PCB</i> no <i>Carrier Frame</i> ▪ Inspeção da conexão da <i>Foil</i> do <i>Display</i> ▪ Aparafusamento <i>Main PCB</i> ao <i>Carrier frame</i> (Auto – x6 parafusos) ▪ Conexão da <i>Foil</i> do <i>Display</i> ao <i>Main PCB</i> ▪ Conexão da <i>Backlight Foil</i> ▪ Conexão das <i>Foils</i> dos DFE PCB's ao <i>Main PCB</i> (x2) 	17	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montagem da Película de Proteção no <i>Coverglass</i>
8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dispensação do <i>Gap Filler</i> no <i>Heatsink</i> 	18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colagem de Selo de Garantia e Etiqueta do Cliente (LAB50)
9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção da <i>Backlight Foil</i> ▪ Inspeção do <i>Gap Filler</i> ▪ Montagem do <i>Heatsink</i> ▪ Aparafusamento do <i>Heatsink</i> (x3 parafusos - Manual) ▪ Conexão da tomada da Fan ao <i>Main PCB</i> 	19	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Avaliação Final (AOI50)
10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção das conexões (AOI) 	20	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Embalamento (PAK50)

O comprimento total da linha de montagem final reduziu apenas 1 m em comprimento, mas foi possível cumprir todas as normas de segurança relativas a espaçamento entre equipamentos para segurança dos operadores, nomeadamente, dois de grande dimensão que implicavam a máquina estar distanciada 650 mm da máquina antecedente e precedente. Portanto, na realidade, o espaço ganho foi bastante maior em relação à primeira abordagem.

5 CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

5.2 Proposta de Trabalhos Futuros

5 Conclusões e Proposta de Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões

Concluído a descrição e o enquadramento das várias medidas aplicadas, procede-se à avaliação do impacto financeiro na globalidade do projeto.

No Gráfico 4 é evidenciado a distribuição dos investimentos por equipamento de forma percentual da linha de colagem.

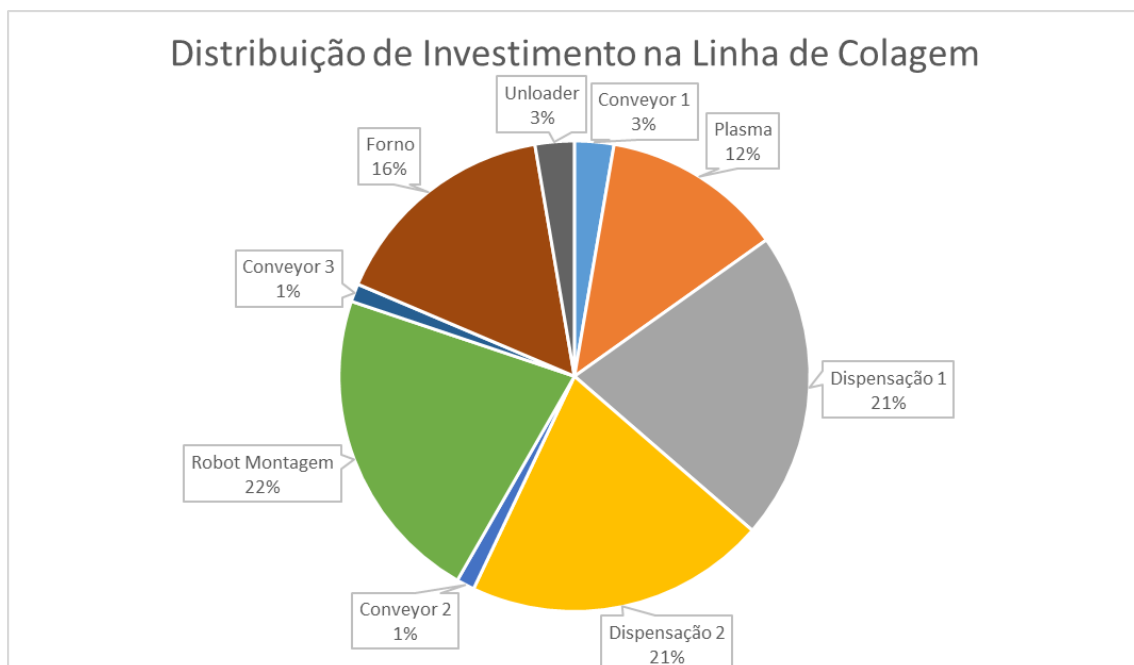


Gráfico 4 - Distribuição de investimento na linha de colagem.

Para esta linha foram abordadas três potenciais soluções de melhoria do ponto de vista da qualidade e redução de custos:

1. Redução tempo ciclo do Robot de montagem
2. Eliminação de Supermercado entre Linha de Colagem e Linha de montagem Final
3. Redução de transportes na Linha

Para o primeiro ponto, dado tratar-se de um desvio ao planeamento inicial não existiu uma poupança direta. Contudo, e em caso de não ser possível atingir este objetivo, poderia ser necessário investir em mais uma linha de Colagem. O valor de uma linha de Colagem é de aproximadamente 1 milhão de euros.

No ponto referente à eliminação do supermercado, como foi apresentado no capítulo anterior, este ponto foi abandonado por motivos de qualidade, não existindo assim nenhuma poupança ou melhoria associada.

Por último, houve uma redução de um *conveyor* para cada linha de Colagem, que representa 2% no custo total da linha. Assim, tendo em conta a globalidade do projeto esta melhoria representa um valor total de 81 585 €.

Para a Montagem Final, encontra-se representado no Gráfico 5, a distribuição dos investimentos por equipamento de forma percentual.

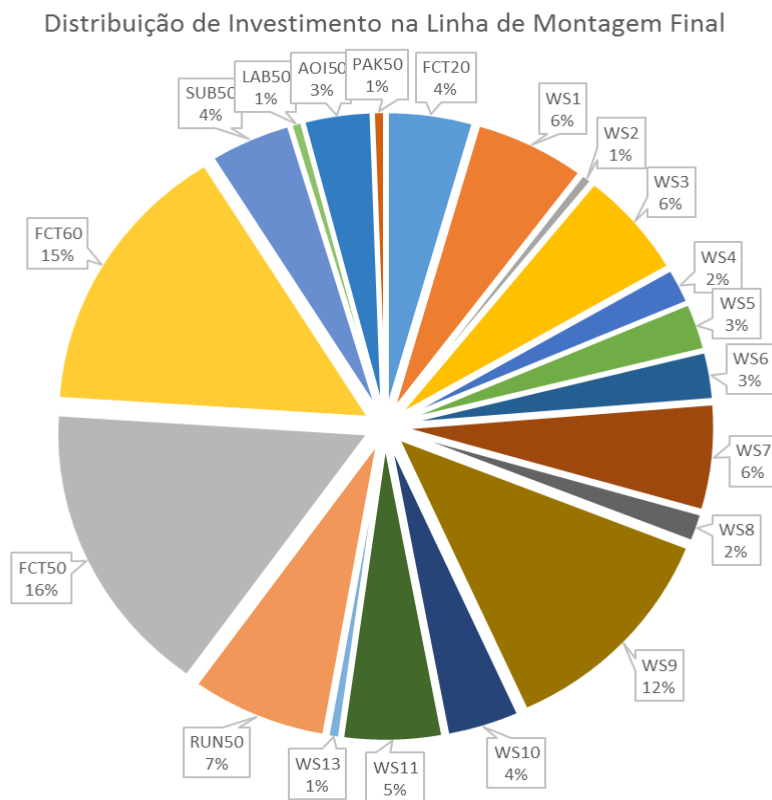


Gráfico 5 - Distribuição de investimento na linha de montagem final.

Para esta linha foram apresentadas as seguintes soluções de melhoria:

1. Eliminação de um Robô de Plasma
2. Redução tempo ciclo do RUN50
3. Eliminação de Inspeção de dispensação de *Gap Filler*

Para o ponto número 1, houve uma poupança de um equipamento por linha, representando este 6% do valor total de uma linha de montagem final. Para o total do projeto, esta alteração representa cerca de 765 000 € a menos do que o inicialmente planeado.

Relativamente ao segundo ponto, este encontra-se em fase de finalização, sendo que após a sua aprovação, irá refletir-se numa poupança de 3,5% por linha dado estarem

planeados dois equipamentos por linha. No total, esta melhoria contabiliza uma poupança no valor de 470 000 €.

Por fim, as alterações efetuadas na máquina de *Gap Filler*, irão ter impacto apenas nas linhas futuras visto que para a linha atual já tem a máquina com o *status* anterior instalada. Assim, e tendo em conta o número de linhas ainda por investir, esta alteração tem uma poupança total de 390 000 €.

Tabela 11- Estado de implementação das melhorias

Melhoria	Estado	Poupança (€)
Tempo de Ciclo da Linha de Colagem	Implementado	(1 000 000)
Supermercado entre Linhas	Abandonado	-
Transportes na Linha de Colagem	Implementado	81 585
Robôs de Plasma	Implementado	765 000
RUN50 redução TC	Implementado	470 000
Inspeção da dispensação de Gap Filler	Implementado	390 000

Para cada uma das ações de melhoria evidenciadas neste capítulo, foi tido em conta a redução de investimento, contudo, a estas melhorias está também associada uma redução de espaço, bem como uma melhoria no fluxo do processo produtivo da linha.

Para concluir, foi avaliado o impacto destas melhorias no investimento total previsto para este projeto estando este representado no Gráfico 6.

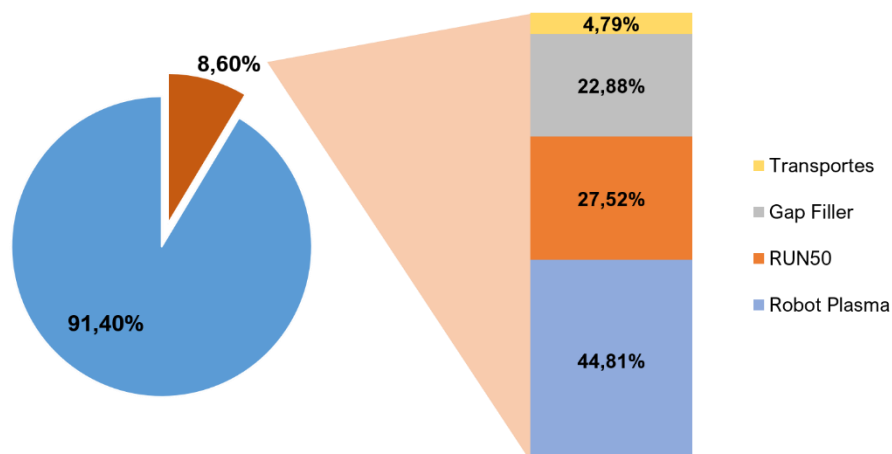


Gráfico 6 – Poupança.

Do investimento total previsto, com estas alterações pode-se atingir uma poupança total de 8,6% do valor total do projeto, que representam 1 704 285 €. Destes 8,6%, 44,81 % é referente à poupança associada à remoção de um dos robôs de Plasma, 27,52% deriva da redução do tempo de ciclo do RUN50, e, conseqüente, remoção de uma

máquina, 22,88 % é referente à remoção do equipamento de inspeção da máquina de *Gap Filler*, e, por fim, 4,79 % está associado à remoção do *conveyor* na linha de colagem. Com esta tese, e aplicação de todas as medidas, conseguiu-se obter um resultado positivo, 8,6% de poupança, atingindo-se assim o objetivo que se pretendia para o projeto.

5.2 *Proposta de Trabalhos Futuros*

Como trabalho futuro, pretende-se transversalizar o estudo feito para este projeto em específico para outros projetos da fábrica, tendo em vista a redução de custos. Dado que nesta tese existem muitos equipamentos normalizados, este estudo terá elevada aplicabilidade para outros projetos.

Também, dada a dimensão deste projeto, faz sentido ser elaborado o mapeamento de toda a cadeia de valor de modo a ter-se uma visão global da cadeia de valor do produto em toda a fábrica. Com isto, será possível identificar-se outros desperdícios e efetuar melhorias a nível de fluxo de materiais, pessoas e processo na planta.

Por fim, deverá ser tido em consideração para futuros projetos, a aplicabilidade da medida de melhoria referente à junção das duas linhas de produção. Esta medida foi abandonada nesta tese devido a motivos internos de qualidade, contudo, para projetos com diferentes requisitos deverá ser reavaliada com vista a tornar-se uma poupança adicional.

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6 Bibliografia e Outras Fontes de Informação

- Bell, S. (2006). *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. Wiley-Interscience.
- Bosch. (n.d.). O Grupo Bosch no mundo | Bosch Portugal. Retrieved September 22, 2018, from <https://www.bosch.pt/a-nossa-empresa/o-grupo-bosch-no-mundo/#o-que-fazemos>
- Carr, W. (2006). Philosophy, methodology and action research. *Journal of Philosophy of Education*, 40(4), 421–435. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.2006.00517.x>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-acção : metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*. <https://doi.org/49418854>
- Demeter, K., & Matyusz, Z. (2011). The impact of lean practices on inventory turnover. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.031>
- Dombrowski, U., Mielke, T., & Engel, C. (2012). Knowledge management in lean production systems. *Procedia CIRP*, 3(1), 436–441. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.075>
- Gahagan, Sean M. (Northrop Grumman Corp. / University of Maryland, C. P. (n.d.). ADDING VALUE TO VALUE STREAM MAPPING: A SIMULATION MODEL TEMPLATE FOR VSM. Retrieved September 12, 2018, from <http://www.iise.org/Details.aspx?id=7584>
- Gnanavel, S. S., Balasubramanian, V., & Narendran, T. T. (2015). Suzhal – An Alternative Layout to Improve Productivity and Worker Well-being in Labor Demanded Lean Environment. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.268>
- Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 53(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.007>
- Hildreth, P., Kimble, C., & Wright, P. (2000). Communities of practice in the distributed international environment. *Journal of Knowledge Management*, 4(1), 27–38. <https://doi.org/10.1108/13673270010315920>
- Ho, S. K. M. (1999). The 5-S auditing. *Managerial Auditing Journal*, 14(6), 294–301.
- Hys, K., & Domagała, A. (2018). Application of spaghetti chart for production process streamlining. Case study. *Archives of Materials Science and Engineering*, 89(2), 64–

71. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.7173>
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. McGraw-Hill Education.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw-Hill Education.
- Irani, S. a, & Zhou, J. (2008). Value Stream Mapping of a Complete Product. *White Paper of Lean Manufacturing Japan*, (1), 1–24. Retrieved from http://www.lean-manufacturing-japan.com/white_paper/value_stream_mapping_of_a_comp.html
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2004). A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza, 408. Retrieved from https://books.google.com/books?id=a26Bw1PE3_AC&pgis=1
- Kanaganayagam, K., Muthuswamy, S., & Damodaran, P. (2015). Lean methodologies to improve assembly line efficiency: an industrial application. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 20(1), 104. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2015.069000>
- Karlsson, C., & Åhlström, P. (1996). Assessing Changes Towards Lean Production. *International Journal of Operations and Production Management*, 16(2), 24–41.
- Kocakülâh, M. C., Brown, J. F., & Thomson, J. W. (2008). Lean Manufacturing Principles and Their Application. *Cost Management*, 16. [https://doi.org/10.1016/S0950-6098\(00\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0950-6098(00)00018-4)
- Lam, N. T., Toi, L. M., Tuyen, V. T. T., & Hien, D. N. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. *Procedia CIRP*, 40(1), 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.089>
- Larguesa, A. (2018). Conheça o novo centro de desenvolvimento e tecnologia da Bosch em Braga - Jornal de Notícias. Retrieved September 22, 2018, from <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/tecnologias/detalhe/conheca-o-novo-centro-de-desenvolvimento-e-tecnologia-da-bosch-em-braga>
- Li, N. (2007). The Mobility of Lean Production : A Study of How the Concept of Lean Production has been Disseminated throughout the World Division of Quality Technology and Management. *Culture*.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Malhão, M. (2018). Exportações e importações: Galp lidera ranking dos maiores exportadores - O Jornal de Negócios. Retrieved from <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/exportacoes-e-importacoes-galp-lidera-ranking-dos-maiores-exportadores-271571>
- Nazareno, R., Silva, A., & Rentes, A. (2003). Mapeamento Do Fluxo De Valor Para Produtos Com Ampla Gama De Peças. *Enegep*, 8. Retrieved from http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0103_0769.pdf

- Nogueira, M. A. A. (2010). Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso. Retrieved from <http://run.unl.pt/handle/10362/4095>
- Norani, N., & Utara, U. (2011). Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Industry : An Exploratory Study Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Industry : An Exploratory Study, *I*(January), 6–10.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Oregon: Productivity Press.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. CRC Press.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 3075–3090.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A Filosofia das Organizações Vecedoras*. Lidel - Edições Técnicas, lda.
- Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, lda.
- Raikar, N., Kattimani, P., & Walke, G. (2015). Use of Spaghetti Diagram for Identification and Elimination of Waste Movements in Shop Floor for OEE Improvement: A Case Stud. *International Journal of Engineering Research & Technology*, *4*(05), 1145–1150.
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, *2*(February), 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, *11*(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2011). Waste identification diagrams, 1–7.
- Sá, J. C. (2010). Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva, 105. Retirado de <http://hdl.handle.net/1822/19879>
- Senderská, K., Mareš, A., & Evin, E. (2016). Design of on-line system for measuring and tracking time of assembly. *Open Engineering*, *6*(1). <https://doi.org/10.1515/eng-2016-0010>
- Senderská, K., Mares, A., & Václav, Š. (2017). Spaghetti Diagram Application for Workers' Movement Analysis. *U.P.B Sci. Bull*, *79*(January 2017).

- Senderská, K., Mareš, A., & Zajac, J. (2012). Hardware of manual assembly workstation online analysis. *Scientific Bulletin*, 74(2), 103–110.
- Shigeo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Shook, J., & Rother, M. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA* (1st ed.). Massachusetts: Lean Enterprise Institute.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582. <https://doi.org/10.2307/2392581>
- Team, P. P. D. (1998). *Just-in-Time for Operators* (1 edition). Routledge.
- Tripp, D. (2005). Action research: a methodological introduction. *Educacao e Pesquisa*, 31(January 2005), 443–466. <https://doi.org/10.1049/ip-sen:20020540>
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11(Iceei), 1292–1298. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>
- Warnecke, H. ., & Hüser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics*, 45(1–3), 37–43.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1992). *A Máquina que Mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: Editora Campus.